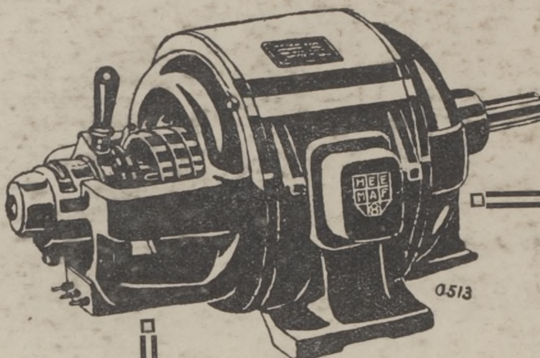
DE TECHNISCHE VRAAGBAAK

DOOR

J. E. DE MEYIER JR., C. I.

DEVENTER - Æ. E. KLUWER


0513

DE TECHNISCHE VRAAGBAAK

DE TECHNISCHE
:- VRAAGBAAK -:

VOOR NEDERLAND EN KOLONIËN

Een handboek, bevattende een verzameling van gegevens, wenken en prijsberekeningen op technisch en bouwkundig gebied

met een duizendtal figuren
en ruim 500 tabellen

BIJEENGEBRACHT DOOR

Ir. J. E. DE MEYIER
Civiel-Ingenieur

Derde, belangrijk vermeerderde en bijgewerkte druk

DEVENTER — 1920 — Æ. E. KLUWER

Voorbericht bij de Eerste Uitgave.

Ieder, die zich op het veelzijdige gebied der techniek en voornamelijk ook op dat van het bouwvak beweegt, heeft bijna dagelijks verschillende gegevens noodig, welke hij meestal moet putten uit verspreide bronnen, welke niet altijd bij de hand zijn. Door deze verzameling van gegevens uit theorie en practijk, aangevuld met vele wenken en prijsopgaven, hebben wij getracht de taak van den technicus of bouwkundige te verlichten naar het voorbeeld, reeds door de buitenlandsche technische litteratuur gegeven en ook ter aanvulling van de leemte, welke ten onzent op dit punt nog gedeeltelijk bestaat.

Bij het in elkaar zetten van het werk is zooveel mogelijk naar alzijdigheid gestreefd, maar moesten, om den omvang te beperken, onderwerpen van zeer specialen aard achterwege blijven. Alleen betrouwbare bronnen zijn geraadpleegd, aangevuld met gegevens uit eigen ervaring, terwijl de opgave van prijzen, welke uit den aard der zaak van verschillende tijds- en andere omstandigheden afhankelijk zijn, moet dienen om den gebruiker in de kosten van verschillende materialen en bewerkingen een inzicht te geven, hetwelk voor voorloopige ramingen voldoende is. De verschillende formules en tabellen, welke dagelijks door iederen technicus moeten worden geraadpleegd, verhoogen o.i. de waarde van het werk.

Moge deze handleiding haar weg vinden bij ieder, die met de techniek of het bouwvak in aanraking komt, ook op technische bureaux, en zich verheugen in een algemeen gebruik, waardoor het doel, dat schrijver en uitgever zich met deze kostbare uitgave gesteld hebben, zal worden bereikt.

Voor eventueele opmerkingen en verbeteringen houden wij ons gaarne aanbevolen!

J. E. DE MEYIER.

Juni 1912.

Voorbericht bij de Tweede Uitgave.

Dat de uitgever tot een tweede uitgave is overgegaan, bewijst de goede ontvangst, welke deze Vraagbaak ten deel viel. De inhoud is uitgebreid en verbeterd en zooveel mogelijk op de hoogte van den tijd gebracht. Daar in een kleinen omvang slechts de voornaamste, meest practische en wetenswaardige gegevens kunnen worden verzameld, kan aan vele onderwerpen eenige oppervlakkigheid niet worden ontzegd, maar schrijver heeft gemeend daaraan tegemoet te komen door het toevoegen van litteratuuropgaven waardoor gelegenheid is geboden zich meerdere gegevens te verschaffen en dieper op de stof in te gaan. Alleen die litteratuur is opgegeven, welke als de meest aanbevelenswaardige kan worden aangemerkt en waaruit ook meestal door den schrijver bij het opstellen van de Vraagbaak werd geput. Zooveel mogelijk is daarbij de laatste druk en opgave van prijs vermeld. Schrijver hoopt hiermede tevens tot meerdere populariteit van de Vraagbaak bij te dragen. Intusschen blijft hij zich voor wenken en op- en aanmerkingen aanbevolen houden.

Ten slotte nog een woord van dank aan den heer Ir. M. E. H. TJADEN, Civiel-Ingenieur te Breda, die zijn medewerking verleende door de veeleischende correctie van dezen tweeden druk zeer nauwgezet te behartigen, daar ik deze wegens mijn verblijf in Indië niet op mij kon nemen.

J. E. DE MEYIER.

Sept. 1917.

Voorbericht bij de Derde Uitgave.

Bij deze derde uitgave, die reeds na twee jaar noodig bleek, is de inhoud met de litteratuuropgave hier en daar herzien en met nieuwe onderwerpen aangevuld, w.o. Integraalrekening, Gronddruk en Aerodynamica, terwijl een paar onderwerpen, zooals Afschrijving en Kunstmeststoffen zijn vervallen. De weinige standvastigheid der hedendaagsche prijzen en de groote moeite, opgave daarvan voor verschillende materialen en bouwstoffen te verkrijgen, zijn oorzaak, dat een deel der oude vóór den oorlog geldende prijzen onveranderd moest blijven vermeld. Ook zijn zij aangehouden, waar zij nog een richtsnoer voor toekomstige waardebepaling kunnen vormen.

Aan alle van verschillende zijden ingekomen wenschen om den inhoud met bepaalde onderwerpen te verrijken, kon èn om den beschikbaren tijd èn om den omvang te beperken, bij dezen druk nog geen gevolg worden gegeven, maar ondergeteekende hoopt bij een volgende uitgave daaraan te voldoen. Intusschen blijven schrijver en uitgever zich voor eventueele opmerkingen en verbeteringen aanbevolen houden en danken zij allen, die hun *ongevraagd* of *op verzoek* van verschillende gegevens hebben voorzien, ook al mochten zij niet alle voor opname in het werk waardig keuren.

Om het den gebruikers van het boek te vergemakkelijken, fouten, onjuistheden of gewenschte toevoegingen kenbaar te maken, werden door den uitgever achter in het boek eenige briefkaarten gehecht, die voor dit doel kunnen dienen.

Aan de samenstelling van het alphabetisch register werd de grootst mogelijke zorg besteed. Het onderging een uitbreiding van 20 pagina's. We gingen hiertoe over, omdat het vlug opzoeken door een uitgebreid register in hooge mate bevorderd wordt.

De inhoudsopgave is iets bekort en geeft meer een globaal overzicht van hetgeen in ieder hoofdstuk behandeld wordt. In verband met de uitbreiding van het alphabetisch register meenden we, dat hiertegen geen bezwaar bestond.

J. E. DE MEYIER.

's-Hertogenbosch, October 1920.

ERRATA.

Bldz. 36 staat Steenworp met krachtige hand 10 M/sec., te lezen 16 M/sec.

„ 42, 46, 48, 60, 61, 62 en 63 staat „Bilthoven", te lezen „De Bildt".

„ 69 „ „÷ AO", „ „÷ AP".

„ 74 onderaan staat „Dr. F. Seelhelm", te lezen „Dr. T. Seelheim",

„ 76 „ „ecoceen", „ „eoceen".

„ 79 2e getal 5e kolom staat „0 032" „ „0,032".

„ „ 17e „ 2e „ „ „1750" „ „1,750".

„ 80 staat „Afvoer in M per seconde" „ „Afvoer in M³ per seconde".

„ 100 „ „Gemiddelde waarde", te lezen „Gemiddelde waarde vóór den oorlog".

„ 101 „ „Waardeberekening van vreemde valuta's in den effectenhandel", te lezen „Waardeberekening van vreemde valuta's in den effectenhandel vóór den oorlog".

„ 184 1e regel bovenaan staat „x = bloga" te lezen „x = b log a".

„ 186 hoofd 2e kolom staat „o", te lezen „1".

„ 216 onderaan staat $\sqrt{\text{tg } \tfrac{1}{2} s}\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-a)\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-b)\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-c)$, te lezen $\sqrt{\text{tg } \tfrac{1}{2} s\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-a)\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-b)\,.\ \text{tg } \tfrac{1}{2}(s-c)}$.

„ 224 staat „fx (+ h)", te lezen „f (x + h)".

„ „ „ $\frac{x-a)^n}{n!}$ „ $\frac{(x-a)^n}{n!}$

„ „ „ $\frac{F'x\,(x\,.\,y)}{F'y\,(x\,.\,y)}$ „ $\frac{F'_x(x\,.\,y)}{F'_y(x\,.\,y)}$

„ 226 „ $y - y_1 \times \phi \frac{dy}{dn}(x - x_1)$, te lezen $y - y_1 = \frac{dy}{dx}(x - x_1)$

„ 242 „ $\sqrt{s}\,(s-a)\,(s-b)\,(s-c)$ „ $\sqrt{s\,(s-a)\,(s-b)\,(s-c)}$

„ 243 „ $F = \tfrac{1}{2} r^2 \left(\frac{\pi\,\phi}{180}\right) - \sin\phi)$, te lezen $F = \tfrac{1}{2} r^2 \left(\frac{\pi\,\phi}{180} - \sin\phi\right)$

„ 244 „ $L = \frac{p}{2}\left\{\sqrt{\frac{2x}{p}}\left(1 + \frac{2x}{p}\right) + \lg\left(\sqrt{\frac{2x}{p}} + \sqrt{1 + \frac{2x}{p}}\right)\right\}$ te lezen

$$L = \frac{p}{2}\left\{\sqrt{\frac{2x}{p}\left(1 + \frac{2x}{p}\right)} + \lg\left(\sqrt{\frac{2x}{p}} + \sqrt{\left(1 + \frac{2x}{p}\right)}\right)\right\}$$

„ 307 „ „zdF", te lezen „z dF".

„ 316 „ 2e kolom 2e rij staat $B = \frac{a^3}{21} q$, te lezen $B = \frac{a^2}{21} q$.

„ „ „ 5e kolom bovenaan $f_{max} = \frac{Pl^2}{48\,EJ}$, te lezen $f_{max} = \frac{Pl^3}{48\,EJ}$

„ 325 „ $\frac{d^4y}{dx^4} = -\frac{\alpha}{EJy}$, te lezen $\frac{d^4y}{dx^4} = -\frac{\alpha}{EJ}y$.

„ 333 „

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2E}\left\{\sigma x^2 + \sigma y^2 + \sigma_z{}^2 - \frac{2}{m}(\sigma_x \sigma_y + \sigma_z \sigma_z + \sigma_y \sigma_z(\right\} dV(olume) + \int_{vol.} \frac{1}{2G}\left\{(\tau_x{}^2 + \tau_y{}^2 + \tau_z{}^2)\right\} dV_{(olume)}$$

te lezen

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2E}\left\{\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 + \sigma_z{}^2 - \frac{2}{m}(\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z)\right\} dV(olume) + \int_{vol.} \frac{1}{2G}\left\{\tau_x{}^2 + \tau_y{}^2 + \tau_z{}^2\right\} dV(olume)$$

Bldz. 333 en volgende staat $P^2{}_a$, $P^2{}_b$, $P^2{}_c$ $M^2{}_x$, $N^2{}_x$, $V^2{}_x$, enz.,

te lezen P_a^2, P_b^2, P_c^2, M_x^2, N_x^2 T_x^2, enz.

„ 336 staat $A = \int \frac{M^2{}_x}{2EJ} dx + \int \frac{N^2{}_x}{2EF} dx + \int \frac{cV^2{}_x}{2GF_x} dx$,

te lezen $A = \int \frac{M_x^3}{2EJ} dx + \int \frac{N_x^2}{2EF} dx + \int \frac{cV_x^2}{2GF_x} dx$,

„ 337 6e alinea v.o. staat „gelijk v", te lezen „gelijk V".

„ 359 staat onderaan, achterstaande tabel, te lezen bovenstaande tabel.

„ „ „ Deze tabel „ „ De achterstaande tabel.

„ 363 staat $h - a \frac{M}{p_1} + p_2 + \sqrt{\left(\frac{M}{p_1} + p_2\right)^2} - p_2$, te lezen

$$h - a = \frac{M}{p_1} + p_2 + \sqrt{\left(\frac{M}{p_1} + p_2\right)^2 - p_2}$$

„ 376 staat $h_0 + \frac{p}{\pi} = h + \frac{p}{\pi} + Js$, te lezen $h_0 + \frac{h}{\Pi} = h + \frac{p}{\Pi} + Js$.

„ „ „ $h = h_0 + \frac{po}{\pi} - Js$, „ $h = h_0 + \frac{po}{\Pi} - Js$.

„ 377 2e regel van boven staat $\frac{p_o}{\pi}$ „ $\frac{p_o}{\Pi}$

„ 379 7e „ „ „ „ $J = \varphi \frac{4}{D} \varphi(U)$, te lezen $J = \frac{4}{D} \varphi(U)$.

„ 391 staat $S_2 - S_1 = - \frac{l^6}{bQ^2} \varphi \left\{ \varphi\left(\frac{h_2}{l}\right) - \varphi\left(\frac{h_1}{l}\right)\right)$

te lezen $S_2 - S_1 = - \frac{l^6}{bQ^2} \left\{ \varphi\left(\frac{h_2}{l}\right) - \varphi\left(\frac{h_1}{l}\right)\right\}$

„ 400 „ $Q = {}^2/_3\, m_1\, l \left\{(H-h+k)^3/_2 - k^3/_2\right\} \sqrt{2g} + m_2\, l\, h \sqrt{2g\,(H-h+k)}$

te lezen $Q = {}^2/_3\, m_1\, l \left\{(H-h+k)^{3/2} - k^{3/2}\right\} \sqrt{2g} + m_2\, l\, h \sqrt{2g\,(H-h+k)}$

„ 403 4e alinea staat $\frac{R}{C}$, te lezen $\frac{R}{c}$.

„ 416 „ $w^1 = 180° - \varphi_1 - \alpha$, te lezen $\omega^1 = 180° - \varphi_1 - \alpha$.

„ 498 staat $a \sin^2\beta \operatorname{tg}(90°-\beta) = {}^1/_2\, a \sin^2\beta$, te lezen $a \sin^2\beta \operatorname{tg}(90°-\beta) = {}^1/_2\, a \sin 2\beta$.

„ 501 „ 1 1000 tot 1 : 10000, te lezen 1 : 1000 tot 1 : 10000.

„ 606 „ Nauwkeurigheid van lengteafmetingen, te lezen Nauwkeurigheid van lengtemetingen.

„ 635 „ $S = \frac{dD}{4\,\delta}$, te lezen $S = \frac{pD}{4\,\delta}$

„ „ „ $p_u \frac{D^2}{4} S \pi (D + \delta) \delta$, te lezen $p \pi \frac{D^2}{4} = S \pi (D + \delta) \delta$

„ 700 „ $E = \alpha_0 \sigma^n$, „ „ $\varepsilon = \alpha_0 \sigma^n$

„ 800 bovenaan staat $K = L \left(1 + \frac{0.25\, \delta^2}{r} + \frac{f\, d}{r}\right)$, te lezen

$K = L \left(1 + \frac{0{,}25\, \delta^1}{r} + \frac{f\, d}{r}\right)$ waarin δ^1 de dikte van den ketting.

INHOUD.

Blz.

Natuurkundige gegevens.

Scheikundige gegevens.

Mineralen.

Hulpmiddelen bij het richten en meten.

Landmeten.

Blz.

Opnemen en in kaart brengen van terreinen.

Nauwkeurigheid van waarnemingen.

Scheepsmeting.

Hout.

Metselsteen.

Natuurlijke steen als bouwsteen.

Materialen voor waterbouwkundige werken.

Metalen.

Cosmographische gegevens.

Litteratuur.

Astronomische jaarboeken:
Nautical Almanac. Edinburgh.
Nautisches Jahrbuch, Heymanns Verlag, Berlijn (2 jaar vooruit verschijnend.)
Annuaire du Bureau des Longitudes te Parijs.
J. Weeder. De sterrenhemel doorzocht met teleskoop en mikroskoop.
Prof. Kaiser. Sterrenhemel.
D J Brouwer. Zeevaartkunde
Sterrenkaarten.
„Tabulae coelestes'' van Schurig. Goblers Verlag Leipzig.
Flammarion et Fénet. Planisphère céleste mobile. E. Bertaux Editeur, Paris.
Het Chineesche jaar. De Natuur 1883, blz. 358.
De Javaansche Kalender. De Natuur 1886, blz. 108.
Populaire sterrenkunde. Dr. H. Blink.
Sterrenkunde v. d. Bilt. Wereld-Bibliotheek.

Grootte der hemellichamen.

Naam	Middellijn (equatoriaal) op afstand 1	Middellijn in aardequatorstralen (*)	Volume ten opzichte v. de aarde	Massa ten opzichte van de aarde	Massa ten opzichte van de zon	Dichtheid ten opzichte v. de aarde	Dichtheid ten opzichte v. water	Zwaartekr. aan den equator, t.o.v. de aarde als eenheid
Mercurius	6,61″	0,376	0,053	0,061	1/4 300 000	1, 49	6,32	0,433
Venus	17,55″	0,997	0,995	0,787	1/412 150	0,791	4,35	0,791
Aarde	17,60″	1.	1.	1.	1/324 439	1.	5,50	1.
Mars	9,35 ′	0,531	0,150	0,105	1/3 093 500	0,697	3,83	0,371
Jupiter	196,00″	11,136	1 305,760	309,816	1/1047,2	0,237	1,30	2,230
Saturnus	164,77″	9,362	733,688	91,919	1/3529,6	0,125	0,69	0,880
Uranus	75,02″	4,263	70,663	13,518	1/24 000	0,191	1,05	0,744
Neptunus	67,29″	3,823	56,087	16,469	1/19 700	0,294	1,62	1,127
Zon	32′3″,64	109,298	1 310,157	324,439	1.	0,248	1,36	7,252
Maan	4″,8041	0,273	0,020	0,013	1./25 858 000	0,615	3,38	0,174

Bovenstaande opgaven zijn overgenomen uit de „Annuaire du Bureau des Longitudes'' te Parijs.

---

*) Wanneer de zonneparallaxe gelijk 8″,80 gesteld wordt.

Perspectievische voorstelling van het hemelgewelf of den hemelbol.

M is het middelpunt of de plaats van den waarnemer.

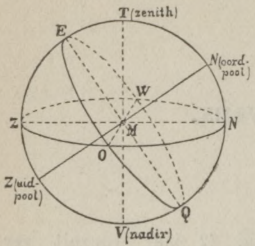


Fig. 1.

TV is de stand van de vertikaal, gelegen in het vlak van teekening.

Vlak NWZO is loodrecht op de vertikaal en is de horizon.

Lijn Noordpool—Zuidpool is de hemelas.

Vlak EOQW, loodrecht op de hemelas, is de hemelequator.

N is de projectie van de noordpool of het noordpunt van den horizon.

Z is de projectie van de zuidpool of het zuidpunt van den horizon.

W is het westpunt en O is het oostpunt.

Vlak ZTNV, staande loodrecht op den horizon en bevattende de hemelas of de richting Noord—Zuid, is de meridiaan van de plaats van waarneming.

Beweging der hemellichamen.

(Zie fig 2 en 3)

De Sterren.

De vaste sterren bewegen zich in bepaalde banen om de hemelas, zij komen altijd in hetzelfde punt van de ooststreek op en gaan steeds in hetzelfde punt van de weststreek onder; de planeten of dwaalsterren en de kometen deelen evenwel op onregelmatige wijze in de dagelijksche beweging

De Planeten.

Zij onderscheiden zich van de andere sterren door haar veranderlijkheid van plaats aan den hemel en haar helder rustig wit licht *Venus* is alleen als avond- of morgenster zichtbaar, *Jupiter* met gewonen kijker te herkennen aan haar manen, *Mars* is wat roodachtig van licht en *Saturnus* verandert van alle het minst van plaats.

Naam der planeten	Gebruikelijk teeken	Omwentelingstijden om de zon in			Afstand van de zon in aardstralen *	Excentriciteit van de baan	Aanmerkingen
		sterrejaren	Juliaansche jaren	middelbare dagen			
Mercurius	☿	0,240 843		87,969 258	0,387 098 7	0,205 604 8	Het Juliaansche jaar bevat 365,25 middelbare dagen.
Venus	♀	0,615 186		224,700 787	0,723 332 2	0,006 843 3	
Aarde	♁ of ⊖	1,000 000	1 +	0,006 374	1,000 000	0,016 771 1	
Mars	♂	1,880 832	1 +	321,729 646	1,523 691 3	0,093 261 1	
Jupiter	♃	11,861 965	11 +	314,838 171	5,202 800	0,048 251 9	
Saturnus	♄	29,457 176	29 +	166,986 360	9,538 856	0,056 071 3	
Uranus	⛢	84,020 233	84 +	7,390 36	19,183 29	0,046 341 4	
Neptunus	♆	164,766 895	164 +	280,113 16	30,055 08	0,008 964 6	

* 1 aardstraal = 6371 KM.

Venus wint dus volgens bovenstaande cijfers ongeveer 0,6° per dag op de aarde en beschrijft ongeveer in 600 dagen één omloop meer dan de aarde en staat om dezen tijd tusschen zon en aarde in. Na dit tijdstip staat zij bewesten van de zon en dus in den morgenstond (morgenster); 300 dagen na dit tijdstip staat zij achter de zon en komt dan beoosten de zon of in den avond als avondster. Evenals *Mercurius* komt zij dus nooit tegenover de zon of in oppositie.

Mercurius staat nooit verder dan 22°,5 van de zon; de invloed van het zonlicht is echter zoo groot, dat zij moeilijk is waar te nemen.

De Zon (gebruikelijk teeken ☉)

Het middelpunt van de zon beweegt zich in zijn schijnbare beweging in een vlak, gaande door het middelpunt van het hemelgewelf. Haar baan of de ecliptica is de meetkundige plaats der punten, waar de zon zich elken dag op hetzelfde tijdstip bevindt. De dagelijksche beweging der zon teekent zich op het hemelgewelf af als een parallelcirkel, welke zij in 24 uur of één dag doorloopt (gewone dag).

De hellingshoek, welken het vlak der ecliptica met den hemelequator maakt, is ongeveer 23°27′, maar aan kleine seculaire (van eeuw tot eeuw) en periodieke veranderingen onderhevig. De excentriciteit van de ellipsvormige ecliptica is ongeveer 0,016 751 maal de halve groote as.

Jaargetijden.

De zon doorsnijdt in haar schijnbare beweging tweemaal het vlak van den hemelequator; van het zuidelijk halfrond naar het noordelijk halfrond gaande, het Lentepunt en diametraal daartegenoverliggende het Herfstpunt (de nachteveningspunten of equinoxen, omdat over de geheele aarde dag en nacht even lang zijn als de zon zich in een dezer beide punten bevindt nl. op 21—22 Maart en 22—23, September). De punten, in het midden der bogen tusschen de equinoxen gelegen, zijn de zonnestanden of solstitiën. Bovengenoemde punten geven de standen der zon aan het eind van elk jaargetijde aan. Daar de zonnebaan niet cirkelvormig is en de aarde niet in het midden staat, zijn de jaargetijden niet van gelijken duur.

Apogeum en Perigeum zijn die punten, waar de zon in haar schijnbare beweging het verst en het dichtst van de aarde verwijderd is. Het apogeum heeft plaats tegen 1 Juli en het perigeum tegen 1 Januari. Hun verbindingslijn is dus tevens de groote as van de zonnebaan; haar stand wordt bepaald door de lengte van het perigeum. Het perigeum verplaatst zich in positieven zin 11″,7 per jaar.

Aphelium en Perihelium zijn die punten, waar een hemellichaam zich in zijn beweging het verst van en het dichtst bij de zon bevindt. Hun verbindingslijn is de apsidenlijn.

Tengevolge van de onderlinge verplaatsing van het lentepunt en het perigeum, ondergaat de duur der jaargetijden een langzame verandering.

Vallen deze punten samen, dan zijn lente en winter even lang, evenzoo zomer en herfst.

Praecessie der equinoxen of teruggang der nachteveningen.

De aantrekking der zon op de afgeplatte aarde doet de aardas in ongeveer 26 000 jaar een kegel in de ruimte beschrijven. Tengevolge van deze beweging verplaatst zich de lijn der equinoxen om de as der ecliptica, ongeveer 50″,2 per jaar, in de richting van de schijnbare dagelijksche beweging der zon, dus tegengesteld aan de richting der beweging van de planeten. Deze beweging heeft ook ten gevolge dat de declinatie der sterren verandert.

Ook de aantrekking van de maan op de afgeplatte aarde veroorzaakt een dergelijke beweging; in ongeveer 18²/₃ jaar beschrijft de aardas hierbij een kegel met een ellips tot basis. Deze beweging heet *nutatie.*

Het onderzoek der zonnevlekken heeft aangetoond, dat de zon zich om haar as beweegt in 25 dagen, 4 uur en 29 minuten.

Dierenriem.

De dierenriem of zodiak is de strook van het hemelgewelf, welke zich op 8°,5 aan elke zijde der ecliptica uitstrekt en waarin zich de planeten bewegen. Men verdeelt haar van uit het lentepunt gerekend in twaalf deelen, elk van 30° en geeft deze een bepaald teeken.

Werd vóór 2000 jaren ten tijde van den oorsprong van onzen kalender de zon op 21—22 Maart in het punt Ariës van het sterrenbeeld de Ram gezien, wegens den teruggang der nachteveningen ligt dit lentepunt heden meer dan 30° westelijk van dit sterrenbeeld. De stand van de zon, behoorende bij de teekens, is hieronder bijgevoegd. De sterrenbeelden zelve vertoonen zich met de zon alzoo meer dan een maand later en 's nachts aan het hemelgewelf bereiken zij hun hoogsten stand in de maand, welke met deze maand een half jaar verschilt. Alzoo zal in de maand December de zon staan in het beeld de Schutter en zal in deze maand het beeld de Tweelingen 's nachts zijn hoogste punt bereiken.

Datum.	Teeken.	Naam.	
21 Maart	♈	*Ariës*	of Ram.
21 April	♉	*Taurus*	„ Stier.
21 Mei	♊	*Gemini*	„ Tweelingen.
21 Juni	♋	*Cancer*	„ Kreeft.
22 Juli	♌	*Leo*	„ Leeuw.
23 Augustus	♍	*Virgo*	„ Maagd.
23 September	♎	*Libra*	„ Weegschaal.
22 October	♏	*Scorpio*	„ Schorpioen.
22 November	♐	*Sagittarius*	„ Schutter.
21 December	♑	*Capricornus*	„ Steenbok.
20 Januari	♒	*Aquarius*	„ Waterman.
19 Februari	♓	*Pisces*	„ Visschen.

Duur van dag en nacht.

De dagelijksche beweging van de zon teekent zich op het hemelgewelf af als een parallelcirkel evenwijdig aan den hemelequator, welke zich daarvan niet verder kan verwijderen dan 23° 27′ (d.w.z. de declinatie is niet grooter dan dit bedrag).

Wanneer de zon zich in de nachteveningspunten bevindt, dat is op 21 Maart en 23 September, beweegt zij zich in het vlak van den hemelequator (declinatie = o) en komt zij juist in het *Oostpunt* op en gaat zij juist in het Westpunt onder.

De snijpunten van de cirkelbaan met den horizon deelen deze baan in evengroote stukken m.a.w. dag en nacht zijn dan even lang. In het noordelijk halfrond der aarde komt de zon van den 21en Maart af elken dag iets noordelijker op en gaat iets noordelijker onder, de dagen worden dan steeds langer tot den 21—22sten Juni, waarop de dag het langst is en daarna gaat afnemen. Tusschen 23 September en 21 Maart komt de zon bezuiden het Oosten op en gaat zij bezuiden het Westen onder; de dagen worden na den 23en September korter dan de nachten en op den 21—22 December het kortst.

In de langste en kortste dagen bereikt de zon tevens haar hoogste en laagste middaghoogte.

In het zuidelijk halfrond heeft juist het omgekeerde plaats.

Het door den horizon van de dagelijksche zonnebaan afgesneden stuk of de duur van dag en nacht, hangt verder van de breedte van de plaats op aarde af; aan den evenaar blijft deze over het geheele jaar onveranderd.

Breedte der plaats in graden	Langste dag in uren en minuten		Breedte der plaats in graden	Langste dag in uren en minuten	
0	12	0	40	14	51
5	12	17	45	15	26
10	12	35	50	16	9
15	12	53	52	16	30
20	13	13	55	17	7
25	13	34	60	18	30
30	13	56	65	21	9
35	14	22	66½	24	0

De Aarde.

De aarde beweegt zich om de zon in een jaar (gewone, tropische of zonnejaar). Daar dit (zie bij „Tijdsbepaling”) 365 dagen 5 uren, 48 minuten 45,98 sec. gewone tijd bevat, is de snelheid van de aarde om de zon 0°.04107 per uur of 0.98568 graden per dag. De dagelijksche omwenteling om haar as volbrengt de aarde in 23 uur 56 minuten 4 seconden; de snelheid om haar as is dus 15°,041 per uur. De snelheid van een punt van haar oppervlak aan den equator bedraagt daardoor 465 M per secunde en ongeveer 300 M op de gemiddelde breedte van Nederland.

De aarde heeft den vorm van een ellipsoide.

Afmetingen volgens Bessel:

Halve groote as a = 6 378 388 Meter (straal van den equator).
„ kleine as b = 6 356 912 „

Afplatting $p = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297}$.

Excentriciteit $e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{0{,}00\ 66\ 74\ 37\ 20\ 96}$.

Volgens Faye: (uit verschillende meridiaanbogen berekend 1880)
Halve groote as a = 6 378 393 M ± 79 M.
„ kleine as b = 6 356 549 M ± 109 M.

Afplatting $p = \frac{1}{292 \pm 1}$

Neemt men de laatste cijfers aan, dan vindt men voor:

de lengte van het kwadrant van den elliptischen meridiaan	10 002 008 M
gemiddelde lengte van den boog van 1 graad van den meridiaan	111 133,4 M
omtrek van den equator	40 076 625 M
oppervlak der aarde	510 082 000 KM²
volume der aarde in millioen KM³	1 083 260
straal van den bol, welke hetzelfde volume als de aarde heeft	6 371 103 M
idem, welke hetzelfde oppervlak als de aarde heeft	6 371 109 M.

Lengte van een geographische mijl = 1/15 graad van den equator = 7420,44 M.
Zonder de afplatting van de aarde in rekening te brengen wordt 1 geogr. mijl = 7407,407 M.

De Maan.

De maanbaan.

De maan beschrijft om de aarde een ellips, waarvan de aarde een der brandpunten is. Daar de maan bij haar beweging om de aarde bij elken rondgang ook eenmaal om haar as beweegt, keert zij in haar beweging steeds hetzelfde halfrond naar de aarde toe. De rondgang van de maan in haar schijnbare beweging om de aarde duurt door haar eigen beweging van West naar Oost meer dan een vollen dag of 24,8412 uur, de snelheid is dus 0°,549 016 5 per uur. De maan komt dus elken dag 0,8412 uur of 50,4 minuten later op. De helling van de maanbaan met het eclipticavlak verandert van 5° 1′ 22″ tot 5° 17′ 35″ in 137 dagen. De snijpunten van deze baan met het eclipticavlak doorloopen de ecliptica in 6793,39 dagen, zijnde ongeveer 18 en 2/3 jaar. De gemiddelde beweging van de maan in een middelbaren dag is 13° 10′ 35,03″.

De gemiddelde afstand van maan tot aarde bedraagt 384 420 KM of gemiddeld 60 aardstralen; haar middellijn ongeveer 3480 KM of ongeveer 3/11 van de aardmiddellijn. De maan is *nieuw*, wanneer zij in denzelfden meridiaan tusschen zon en aarde staat en *vol*, wanneer de aarde tusschen zon en maan staat. De datums van volle en nieuwe maan of de maanstanden kunnen worden gevonden uit het astronomische argument (zie bldz. 91 Tafel I), waarbij de verandering daarvan per dag gelijk is aan 24°,3815.

Omwentelingstijden in haar baan.

Siderische omloopstijd. Deze is de omloopstijd om de aarde of gelijk aan den tijd, welke verloopt tusschen twee achtereenvolgende doorgangen van de maan met een ster en is gelijk aan 27 dagen, 7 uren, 43 min., 11,5 sec. De beweging wordt van eeuw tot eeuw een weinig sneller om na een maximum weder af te nemen.

Synodische omloopstijd. Deze is de tijd, welke verloopt, wanneer de maan met de zon in dezelfde richting wordt gezien en gelijk aan 29 dagen, 12 uren, 44 min. 2,9 sec.

Tropische omloopstijd. Deze is gelijk aan den tijd, welken de maan noodig heeft om dezelfde lengte te bereiken.

Plaatsbepalingen.

Plaatsbepaling van sterren.

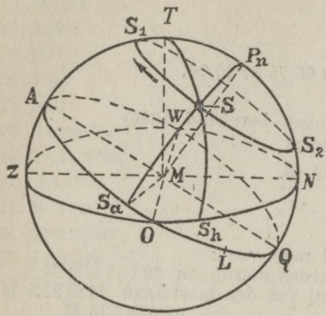


Fig. 2.

Plaatsbepaling ten opzichte van den horizon.
NOZW = horizon van een plaats M, waarbij de ware horizon, gaande door het middelpunt der aarde, met den schijnbaren horizon, gaande door de plaats zelve, samenvallend wordt gedacht.

T M = vertikaal.

Is S de ster, dan is voor haar TSS_h de vertikaalcirkel en wordt haar plaats bepaald door de co-ordinaten:

boog $ZWNS_h$ = *azimuth* (A), gemeten van het Zuiden naar het Westen.

hoog SS_h = *hoogte* (H).

Het complement der hoogte of TS is de zenithsafstand.

S_2 = hoogste en S_1 = onderste culminatie.

Azimuth en hoogte voor elke ster zijn zoowel elk oogenblik als voor verschillende plaatsen op aarde verschillend.

Plaatsbepaling ten opzichte van den equator.
AWQO = equator.
P_n = pool.

Het vlak door P_n en S loodrecht op den equator is het declinatie- of uurvlak.
boog P_nN = poolshoogte of breedte B van de plaats van waarneming.

Is S de ster, dan is voor haar P_nSS_a de declinatie- of uurcirkel en de parallelcirkel SS_1S_2 de sterreweg of dagcirkel. Haar plaats wordt bepaald door de co-ordinaten:

LS_a = *rechte klimming* (AR of α) te tellen in tegengestelden zin der beweging van de uurwijzers van uit de zichtbare hemelpool gezien en uitgaande van uit het vaste punt L (het lentepunt of Ariës) dus $LQWAS_a$. De rechte klimming wordt meestal in tijd uitgedrukt

SS_a = *declinatie* (δ), welke noordelijk (+) of zuidelijk (—) is, naar gelang het hemellicht tusschen den equator en de Noord- of Zuidpool staat. Zij wordt geteld van den equator naar de polen.

Neemt men de verplaatsing (praecessie) van het lentepunt niet in aanmerking, dan zijn rechte klimming en declinatie voor eenzelfde ster constant.

Daar deze ordinaten overeenkomen met lengte en breedte voor een plaats op aarde, gaat een ster met een declinatie van b.v. 30° Noord bij zijn meridiaandoorgang voor een plaats alleen door het zenith van een waarnemer, wanneer de breedte van de plaats ook 30° Noord is. In onderstaande tabel zijn de helderste vaste sterren met haar rechte klimming en declinatie gegeven:

Ster en sterrenbeeld	Rechte klimming	Declinatie
Noordelijke sterren:		
Poolster (α Kl. Beer)	1u 17m	88° 43′ N
α Groote Beer	10u 56m	62° 25′ „
α Cassiopeïa	0u 33m	55° 52′ „
Capella	5u 10m	45° 54′ „
Deneb, Zwaan	20u 38m	44° 57′ „
Wega, Lier	18u 34m	38° 42′ „
Castor, Tweelingen	7u 29m	32° 6′ „
α Andromeda	0u 2m	28° 41′ „
Equatoriale sterren:		
Pollux, Tweelingen	7u 40m	28° 15′ ,

Ster en sterrenbeeld	Rechte klimming	Declinatie
Arcturus, Boötes	14u 11m	19° 40′ N
Aldebaran, Stier	4u 31m	16° 19′ „
Markab (α Pegasus)	22u 59m	14° 33′ „
Regulus, Leeuw	10u 3m	12° 15′ „
Altaïr, Adelaar	19u 46m	8° 37′ „
Beteigeuze, Orion	5u 55m	7° 23′ „
Procyon, Kl. Hond	7u 34m	5° 28′ „
Rigel, Orion	5u 10m	8° 19′ Z
Spica, Maagd	13u 20m	10° 41′ „
Zuidelijke sterren:		16° 35′ „
Sirius, Gr. Hond	6u 41m	
Antares, Schorpioen	16u 24m	26° 14′ „
Fomalhaut (Visschen)	22u 50m	30° 16′ „
Canopus, Argo	6u 22m	52° 39′ „
Achernav, Eridanus	1u 34m	57° 43′ „
α^2 Centaurus	14u 33m	60° 27′ „
Crucis, Zuiderkruis	12u 21m	62° 35′ „

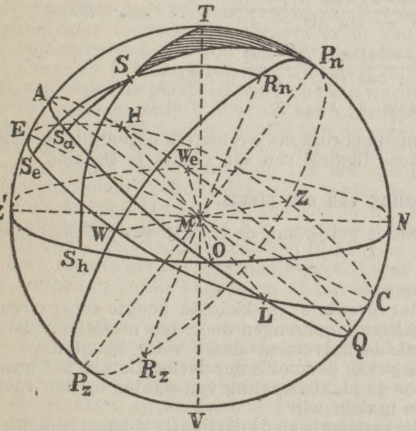


Fig. 3.

Plaatsbepaling ten opzichte van de ecliptica.

AHQL = equator.
EHCL = ecliptica of zonsweg.
R_nR_z = as der ecliptica.
P_nP_z = hemelas of poollijn.
P_nMR_n = declinatiehoek = standhoek der vlakken ecliptica en equator.
L = lentepunt (ariës) } of equi-
H = herfstpunt (libra) } noxen.
E en C = solstitiën.

De plaats van de ster S wordt nu bepaald door de co-ordinaten:

$LCZHES_e$ = *lengte* (λ)
en SS_e = *breedte* (β)

Verband tusschen hoogte en declinatie van een hemellichaam en de breedte van een plaats.

Is (Fig. 2) ZTN het vlak van den meridiaan der plaats van waarneming, dan zal Z S_1 de hoogte H van het hemellichaam op het oogenblik van doorgang door den meridiaan zijn en is uit de figuur

$$H = ZA + AS_1 = 90° - B + \delta \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

of gelijk aan het complement van de geographische breedte van de plaats, vermeerderd of verminderd met de declinatie naar gelang deze noordelijk of zuidelijk is.

De hoek tusschen declinatie, of uurcirkel en den meridiaan door het Z-punt of de hoek S_aMA wijst den weg of den tijd aan, welken het hemellichaam heeft te doorloopen, om in het meridiaanvlak te komen en wordt *uurhoek* (t) genoemd en evenals het azimuth in de richting van het Z naar het W gemeten. Men heeft dus

$$\alpha + t = A$$

waarin A de uurhoek van het lentepunt of ook wel *sterrentijd*. Het verschil in tijd, waarin het lichaam later of vroeger door een meridiaanvlak gaat, is dus gelijk aan het verschil in rechte klimming der hemellichamen.

Het meridiaanvlak van de plaats van waarneming, het declinatievlak en het verticaalvlak door het hemellichaam snijden van den schijnbaren hemelbol den *parallactischen driehoek* P_nTS af, waarin

P_nT het complement der breedte der plaats $(90° - \varphi)$
TS „ „ „ hoogte van het hemellichaam $(90° - H) = Z$
P_nS „ „ „ declinatie van het hemellichaam $(90° - \delta)$
$\angle P_n$ de uurhoek (t)
$\angle T$ de azimuthale hoek. $(180° - A)$.

Uit dezen driehoek is het verband tusschen de verschillende co-ordinaten te vinden. Men heeft namelijk met den sinusregel uit de boldriehoeksmeting:

$$\frac{\sin t}{\sin A} = \frac{\sin Z}{\cos \delta} \quad \ldots . \quad (1)$$

en met den cosinusregel:

$$\sin \delta = \cos \varphi \cos Z - \cos \varphi \sin Z \cos A$$
$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

of voor logarithmische berekening herleid:

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin (S - \varphi) \cos (S - Z)}{\cos S - \sin (S - \delta)}} \quad \ldots . \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin (S - \varphi) \sin (S - \delta)}{\cos S \,.\, \cos (S - Z)}}$$

waarin $2\,S = \varphi + \delta + Z.$

Van de laatste vergelijkingen kan men gebruik maken om elk oogenblik uit astronomische waarneming de geographische ligging van een plaats te bepalen.

Breedtebepaling van een plaats.

De breedte van een plaats op aarde is gelijk aan de hoogte van de pool boven den waren horizon van die plaats.

Bepaling door meridiaanwaarnemingen.

a. Bepaling door waarneming der grootste en kleinste hoogte eener circumpolairster, d.i. een ster met twee zichtbare doorgangen door den meridiaan boven en beneden de pool. De breedte is nl. de halve som dezer ware hoogten.

Deze methode, welke onafhankelijk is van de kennis der declinatie van het hemellicht, kan alleen worden gebezigd voor de plaatsbepaling van punten op den vasten wal. Op zee zal men gebruik moeten maken van

b. Bepaling uit de bovenste meridiaanshoogte en de declinatie van een hemellicht.

Op het oogenblik van den bovensten doorgang van een hemellicht is de uurhoek van het hemellicht nul en heeft men uit (1)

breedte = declinatie — complement der hoogte of topafstand van de ster of het hemellicht.

De declinatie is in sterrenkundige jaarboeken te vinden en de topafstand waar te nemen.

De doorgang van de zon door den meridiaan is te 0 uur middelbaren tijd + de tijdsvereffening; die van de maan en de planeten wordt uit den almanak genomen en voor de lengte verbeterd. Hij is in middelbaren tijd uitgedrukt. De doorgangstijd van een vaste ster wordt benaderender wijze verkregen door de onverbeterde rechte klimming van de middelbare zon van die der ster af te trekken. De zeelieden nemen even vóór het middaguur de hoogte van de zon waar en herhalen dit, tot zij daling bespeuren. De grootst waargenomen hoogte wordt voor die van den doorgang aangenomen en met het verschilzicht verbeterd, hetgeen voor de sterren niet noodig is. Dit verschilzicht of het verschil in hoek, waaronder men het hemellichaam vanuit het oppervlak en het middelpunt der aarde ziet, is het grootst, wanneer het lichaam zich aan den horizon bevindt en gelijk nul in het toppunt van den waarnemer.

Bepaling door de hoogte en den uurhoek van een hemellicht.

Met een nauwkeurig bewerkten theodoliet kan men, na het vlak van den

meridiaan te hebben bepaald, door middel van een (fundamentaal) ster in haar willekeurigen stand vrij nauwkeurig de breedte bepalen. Men bepaalt namelijk haar azimuth en hoogte en daar de declinatie van de ster uit de jaarboeken bekend is, zijn van den parallactischen driehoek (Fig. 3) bekend hoek T (180° — A) en de zijden T S (Z) en P_nS, (90° — δ) waaruit P_n^*T of het complement van de breedte is te berekenen.

Lengtebepaling van een plaats.

Een naar sterrentijd geregeld uurwerk wijst voor elke plaats op aarde den tijd aan, die er verloopen is, sedert de oorsprong van rechte klimming voor de laatste maal zich in den sterrenkundigen meridiaan van die plaats bevond.

Voor twee plaatsen op aarde, welke een verschillenden meridiaan hebben, zullen de uurwerken in beide plaatsen op hetzelfde oogenblik niet dezelfde aanwijzing doen. Het verschil in aanwijzing van beide uurwerken, het zoogenaamde tijdsverschil der beide plaatsen, geeft den tijd aan, dien de oorsprong van rechte klimming noodig heeft, om zich van den eenen meridiaan naar den anderen te verplaatsen. Uit de onveranderlijkheid van de hoeksnelheid der beweging des hemels volgt, dat uit dit tijdsverschil in uren door vermenigvuldiging met 15 de hoek tusschen de sterrenkundige meridianen of het lengteverschil der plaatsen is te bepalen. Men moet evenwel de sterre-uurwerken der beide plaatsen op hetzelfde oogenblik aflezen. Dit geschiedt door gebruikmaking van het oogenblik, waarop een verschijnsel van korten duur voorvalt, door waarneming van den stand van hemellichamen, door overbrenging van den tijd met chronometers of door de telegraaf.

Is men in het bezit van een tijdmeter, uit welks aanwijzing de middelbare tijd van een bepaalde plaats (Greenwich) kan worden afgeleid, en bepaalt men dan tevens op hetzelfde oogenblik door de een of andere waarneming (hoogte van de zon, van een ster bij bekende breedte van de plaats) den middelbaren tijd op de plaats, waar men zich bevindt, dan zal het verschil dier tijden tot boog herleid, de lengte van de plaats van waarneming zijn ten opzichte van den meridiaan van de eerstgenoemde plaats (Greenwich) (Zie verder bij „Tijdsbepaling”).

Voor de bepaling van den tijd kan men dikwijls gemakkelijk van de zonshoogte gebruik maken. Zoo komt b.v. voor een waarnemer aan den equator op 21 Maart en 21 September, wanneer de zon in haar op- en ondergang niet van azimuth verandert, elke 15 graden zonshoogteverschil met 1 uur tijdsverschil overeen en bereikt de zon haar grootste hoogte om 12 uur sterrentijd (zie verder bij „Tijdsbepaling”).

Bepaling door middel van de maansafstanden tot zon of vaste ster.

Onder maansafstand verstaat men den hoek tusschen de lijnen, die uit de plaats van waarneming naar het middelpunt der maan en naar dat van de zon, een planeet of ster gedacht kunnen worden. Bepaalt men den maansafstand voor twee verschillende plaatsen op aarde, dan zullen deze hoeken verschillend zijn, doch op het middelpunt der aarde herleid, samenvallen. Is voor een bepaalde plaats (Greenwich) voor den gevonden maansafstand uit den Nautical Almanac de tijd bekend, dan zal, wanneer men dien op het oogenblik van waarneming voor de plaats van waarneming bepaalt uit het verschil der beide tijden het lengteverschil met Greenwich bepaald zijn.

Tijdbepaling.

Dag en Tijd.

De dag is de feitelijke basis, waarnaar de tijden zijn bepaald. De tijd van een dag wordt verdeeld in 24 uren, elk van 60 minuten, welke weder worden verdeeld in 60 secunden.

De ware zonnedag is de tijd, welke verloopt tusschen twee achtereenvolgende doorgangen van de zon door den meridiaan. De van dezen dag afgeleide tijd is de *ware tijd* (temps vrai, wahre Zeit, apparent time.) Tengevolge van de schijnbare elliptische beweging van de zon en de helling van de ecliptica, is de zonnedag veranderlijk; hij is het langst tegen 23 December en het kortst tegen 16 September.

Middelbare zonnedag.

Om een practische tijdregeling te verkrijgen, heeft men een denkbeeldige zon genomen, welke denzelfden omwentelingsduur heeft als de ware zon en welke

zich met eenparige snelheid op den equator beweegt. De tijdsruimte tusschen twee opeenvolgende doorgangen van deze middelbare zon door den meridiaan is de middelbare dag. De middelbare zon wordt aangenomen door de equinoxen te gaan op de oogenblikken, waarop de ware zon in die punten in de ecliptica verschijnt, wanneer zij zich van het perigeum of het apogeum met eenparige snelheid beweegt. De door deze middelbare zon bepaalde tijd is de *middelbare tijd*. Het is de tijd, welke door onze goed geregelde uurwerken wordt aangewezen (temps moyen, mittlere Zeit, mean time).

Het is 0 uur ware en middelbare tijd, wanneer zich de ware of middelbare zon in bovenste culminatie is d. i. dus in den middag omstreeks 12 uur burgerlijken tijd. De astronomische middelbare dag is dus den burgerlijken dag 12 uur voor en wordt verder doorgaande tot 24 uur geteld.

Sterredag is het tijdsverschil tusschen twee achtereenvolgende doorgangen van eenzelfde ster door den meridiaan. De sterredag, welke van constanten duur is, is 3 min. 55,91 sec. gewone (middelbare) tijd korter dan de middelbare dag, daar wegens de westwaartsche beweging der aarde de zon ten opzichte van de vaste sterren schijnbaar naar het Oosten terugwijkt, zoodat de aarde langer moet draaien, voordat de zon weder in den meridiaan komt. Als *sterrentijd* wordt de uurhoek van het lentepunt aangenomen of ook sterrentijd = rechte klimming van de middelbare zon + middelbare tijd. De middelbare zonnedag is in sterrentijd uitgedrukt 24 uren, 3 min. 56,55 sec.

Tijdsvereffening is het verschil tusschen den middelbaren tijd en den waren tijd en wel wat de laatste op den eersten vooruit is. Deze tijdsvereffening is niet standvastig, maar jaarlijks iets veranderlijk, ofschoon zeer weinig. Zij wisselt tusschen — $16^1/_3$ en + $14^1/_2$ minuut. Men vindt haar in de jaarboeken voor elken dag des jaars aangegeven, ook wel door opgaven van den middelbaren tijd op den waren middag. Alleen 4 maal 's jaars is zij nul en wel op 15 April, 15 Juni, 1 September en 24 December.

De tijd wordt door een uurwerk aangegeven. Is dit zooveel mogelijk tegen temperatuursinvloeden beveiligd, dan spreekt men van *chronometer*. Zij kunnen op sterrentijd of middelbaren tijd worden geregeld. Practisch is evenwel niet bereikbaar, dat 12 uren sterrentijd nauwkeurig door 12 uren op de klok worden aangegeven; men moet dus zekere correctie $\triangle u$ toepassen. Deze correctie noemt men den uurstand. Ook deze correctie is niet constant. De verandering van den stand van een klok in 24 uur noemt men den *dagelijkschen* gang δu. Tusschen 2 in dagen uitgedrukte tijden T_1 en T_2 is dus

$$\frac{\triangle u_2 - \triangle u_1}{T_2 - T_1} = \delta u$$

Deze dagelijksche gang kan worden bepaald, maar zal op verschillende plaatsen weer anders zijn. Men bezigt daarom het liefst 2 of meer chronometers, waarvan men den gang zooveel mogelijk dagelijks vergelijkt.

Bepaling door middel van den meridiaankijker.

Met behulp van een meridiaankijker neemt men den tijd waar, waarop de zon of een ster door het meridiaanvlak gaat. Het oogenblik van den doorgang der zon geeft onmiddellijk den waren middag voor den dag, waaruit door de bekende tijdsvereffening de middelbare tijd is af te leiden. Bij waarneming van een ster zal men haar rechte klimming moeten kennen. Uit het verschil van deze met de rechte klimming van de zon kan men dan den tijd afleiden, waarop de doorgang door den meridiaan plaats heeft.

Bepaling uit de hoogte van een hemellichaam.

Door middel van den parallactischen driehoek is bij bekende declinatie der ster en breedte der plaats van waarneming de uurhoek te berekenen, wanneer de hoogte van de ster wordt waargenomen. Heeft men nl. op het oogenblik der hoogtemeting het uur waargenomen, dan weet men uit den uurhoek den tijd, welken het horloge wijzen moet op het oogenblik van doorgang door het meridiaanvlak.

Is de geographische breedte of de declinatie onbekend, dan moet men van dezelfde ster twee hoogten op verschillende tijden waarnemen.

Uit de waarneming van den tijd vóór en na den doorgang, waarbij de zon op gelijke hoogte tot den horizon staat (*bepaling der correspondeerende hoogten*) kan men ook den tijd van doorgang vinden, door het gemiddelde van de waargenomen tijden te nemen.

Het jaar.

Het *sterrejaar* of *siderische jaar* is de tijd, welken de zon noodig heeft om, uitgaand van een ster, daarin terug te komen. Het bevat 365 dagen, 6 uren, 9 min., 9,5 sec. middelbaren tijd.

Het *tropische* of *zonnejaar* is de tijd, welke verloopt tusschen twee achtereenvolgende doorgangen van de zon door het lentepunt of de tijd van beweging van de aarde om de zon. Tengevolge van de praecessie der equinoxen, is het tropische jaar korter dan het sterre- of siderische jaar. Het bevat 365 dagen, 5 uren, 48 min., 45,98 sec. middelbaren tijd, en neemt per eeuw met 0,53 sec. af. Het zonnejaar is evenals de middelbare zonnedag de basis van onzen kalender of Gregoriaansche tijdrekening.

Het *anomalistische* jaar is de tijd door de zon benoodigd, om van het perigeum uitgaande, daarin terug te komen. De duur is in middelbaren tijd 365 dagen, 6 uren, 3 min., 53,0 sec.

Terwijl de dag en het jaar uit de beweging van de zon zijn afgeleid, hangt de maand evenwel samen met die van de maan.

Daar de omloopstijden van zon en maan niet juist veelvouden van een dag zijn, kan men de drie eenheden niet zonder verwarring naast elkaar gebruiken. De werkelijke waarde van den omloopstijd der aarde en den synodischen omloopstijd der maan zijn 365,2422 en 29,5306 dag.

Tijdrekening.

Romeinsche tijdrekening.

De Romeinen hadden oorspronkelijk maanjaren van 12 maanden of 354 dagen. De eerste dag van elke maand heette calendis. Het jaar begon met idus (volle maan) van Maart; de maanden waren achtereenvolgens:

Martius	31 dagen.	Junius	29 dagen.	December	29 dagen.
Apriolis	29 „	Quintilus	31 „	Januarius	29 „
Majus	31 „	Sextilus	29 „	Februarius	26 „

Cajus Julius Caesar bracht na kennismaking met den astronoom Sosigenes van Alexandrië een grondige verbetering in den kalender.

De Juliaansche en Gregoriaansche kalender.

Julius Caesar behield den cyclus van 4 jaren met 1461 dagen, doch liet telkens op 3 jaren van 365 dagen één van 366 dagen volgen. De samenhang tusschen de maanden en de maanphasen werd geheel verbroken; elk jaar kreeg 12 maanden zonder uitzondering en de 11 of 12 dagen, die bij het kortere jaar te voegen waren, werden over de 8 kortere maanden verdeeld. Januari, Februari en December kregen 2 dagen er bij, de overige vijf één dag. De schakeldag om de 4 jaar kwam in Februari.

Om de nieuwe tijdrekening met de oude te doen aansluiten en 1 Januari te doen vallen na het wintersolstitium, bepaalde Caesar, dat het jaar 708 der stad Rome (46 v. C.) twee buitengewone schrikkelmaanden zou hebben en 445 dagen zou tellen. (Het „jaar der verwarring"). Ter eere van Caesar is door toedoen van Octavianus de maand Quintilus in Julius veranderd en later is Sextilus naar dezen Augustus genaamd en omdat Augustus niet minder zou schijnen dan Julius ook op 31 dagen gebracht.

Toen de Juliaansche kalender begon, werd 25 Maart gerekend de datum van het begin der lente, van de gelijkheid van dag en nacht te zijn. De gemiddelde duur van het Juliaansche jaar is bijna 11¼ minuut te lang, zoodat die datum van het aequinoctium na 128 jaar telkens één dag vroeger viel.

Op het door Constantijn de Groote bijeengeroepen Concilie te Nicaea, 325 jaar na Chr., dus 370 jaar na de invoering van den Juliaansche kalender, was die datum reeds drie dagen vervroegd. Men stelde op dat concilie den nu nog geldenden regel voor de viering van het *Paaschfeest* vast en wel: *Paschen zal zijn op den eerstkomenden Zondag na de eerste volle maan in de lente.*

Als kerkelijk begin van de lente werd toen de vaste datum 21 Maart aangenomen, wat destijds ongeveer met de waarnemingen over het aequinoctium overeenstemde.

De christelijke jaartelling, die het jaar 754 A. U. C.*), waarin de geboorte van

*) Anno Urbis Conditae. In het jaar van de stichting der stad (Rome).

Christus moet zijn voorgevallen, tot aanvangspunt of aera heeft, is eerst 1360 A. U. C. of 607 n. Chr. door paus Bonifacius IV ingevoerd. Die jaartelling is al spoedig in Europa vrij algemeen geworden, doch omtrent den Nieuwjaarsdag ontstonden allerlei gebruiken. In de middeleeuwen was het vrij algemeen daarvoor 25 December te nemen, geboortedag van Jezus; de pausen en de Duitsche keizers gebruikten dien. Langzamerhand is men echter tot 1 Januari teruggekeerd, de meeste rijken in Europa reeds vóór 1600, de katholieke kerk door paus Innocentius XII in 1691 en Engeland (waar het nieuwe jaar met 25 Maart of met de veranderlijke Paschen begon) in 1752.

Intusschen was de datum van de voorjaarsnachtevening met den Juliaanschen kalender steeds teruggeloopen en werden de wenschen steeds dringender om in verband met de Christelijke feestdagen hierin verbetering te brengen. Naar een ontwerp van den sterrenkundige Lelio werd daarom door paus Gregorius XIII (1572—1585) een bul uitgevaardigd, waarbij werd bepaald, dat de datums 5—14 October 1582 zouden uitvallen**) en in het vervolg de eeuwjaren niet tot schrikkeljaren zouden worden gerekend, als zij geen veelvouden van 400 zijn.

Over een tijdvak van 4 eeuwen is het Gregoriaansche kalenderjaar 26 sec. te lang; er moeten dus meerdere eeuwen verloopen, voordat de datums der aequinoctiën weer één dag zijn vervroegd.

Door het uitlaten der 10 dagen was overeenkomstig het concilie van Nicaea het begin der lente tot 21 Maart teruggebracht. De dagen der week liepen zonder rijverbreking door, zoodat Zaterdag 4 October 1582 gevolgd werd door Zondag 15 October.

De Juliaansche periode is nog in gebruik in de landen der Grieksch-Christelijke kerk, (Rusland, Griekenland); zij zijn daardoor ongeveer 2 weken bij onze tijdrekening achter. De Roomsch-Katholieke landen hebben de wijziging van 1582 door Paus Gregorius aangenomen.

De Israëlietische Jaartelling.

In de 15e eeuw hebben de Joden als uitgangspunt van hun jaartelling aangenomen de Schepping van de Wereld, welke overeenkomt met het jaar 3760 v. Chr. van onze jaartelling, zoodat men, om het Joodsche jaar te vinden, bij het onze 3760 moet optellen.

De Mohammedaansche Jaartelling.

De Mohammedaansche jaartelling begint met de Hidjrah of emigratie van Mohammed van Mekka naar Medina in het jaar 622 van onze jaartelling. De eerste dag van de eerste maand der Mohammedaansche jaartelling komt overeen met 16 Juli van het jaar 622 n. C. De Mohammedanen rekenen bij maanjaren; en wel met een jaar gelijk aan 12 omloopen van de maan met betrekking tot de zon, dus een jaar, dat ongeveer 11 dagen korter is dan het zonnejaar. Daar hun maanjaar 354 dagen, 8 uren, 48 minuten zou moeten tellen, wordt het tekort bij aanname van 354 dagen voor een jaar in 30 jaar juist 11 dagen en nemen de Arabieren voor hun tijdrekening daarom een kring van 30 jaren aan. In dien kring nemen zij telkens een jaar van 355 dagen aan, wanneer het tekort meer dan twaalf uur bedraagt. Deze schrikkeljaren zijn in elken kring het 2e, 5e, 7e, 10e, 13e, 16e, 18e, 21e, 24e, 26e en 28e jaar.

Elke reeks van 30 jaren telt dus 19 jaren van 354 dagen en 11 jaren van 355 dagen.

Met de maanden, welke elk 29 dagen 12 uren en 44 minuten moesten tellen, is op gelijke wijze gehandeld, zoodat de eerste maand in het jaar 30 dagen, de tweede 29, de derde 30 enz. telt. De namen der maanden zijn

Moeharram	30 dagen.	Radjab	30 dagen.
Safar	29 „	Sjabân	29 „
Rabingoe, l'awal	30 „	Ramadhan	30 „
Rabingoe, l'achir	29 „	Sjawâl	29 „
Djoemadi l'awal	30 „	Dzoe'l-ga'dah	30 „
Djoemadi l'achir	29 „	Dzoe'l-hidjah	29 of 30 dagen.

**) Verloopen in 1582 sedert de kerkverg. van Nicaea 1582 — 325 = 1257 jaren, geeft $11^1/_4 \times 1257$ minuten teruggang, dat is 14 141 minuten = 2357 uren = 9,8 dag.

De Javaansche Jaartelling.

De Javaan beschikt, behalve over de Javaansche, bij zijn godsdienstige feesten over de Arabische Jaartelling, terwijl hij bovendien de aloude Hindoesche verdeeling in „windoe'' en „woekoe'' kan volgen.

Daar zij de Indische jaartelling hebben behouden, vóór de Islam werd ingevoerd, is hun jaartal 512 meer dan de Arabische. De jaren hebben daarbij ook 354 of 355 dagen, maar wisselen elkander af. Zij hebben geen kringen van 30 jaren, maar windoes van 8 jaar. De jaren in die windoe dragen de namen:

1	Alip	5	Dal
2	Elie'	6	Be'
3	Djimawal	7	Wawoe
4	Dje'	en 8	Djimakir

en van deze zijn slechts 3 jaren schrikkeljaren, nl. het 2e, 4e en 8e, die 355 dagen hebben.

Er is dus verschil met de Hidjrah, daar 120 jaren bij de Javanen één schrikkeljaar meer hebben.

De maanden heeten bijna evenals bij de Arabieren; de datum komt evenwel niet altijd overeen. Is de verdeeling in dagen gelijk als bij de Arabieren, voor het 5e jaar Dal is deze evenwel geheel anders. Daar een windoe 2835 dagen bevat of precies 405 weken, zoo zal de begindag der windoe dezelfde zijn.

De verschillende woekoe's van een windoe zijn gewijd aan bepaalde Deur's en Dewa's of goden en godinnen, waaraan weder bepaalde werkzaamheden verbonden zijn.

Bij de Javaansche telling heeft een woekoe zeven dagen en maken dertig woekoe's of 210 dagen een jaar of warsä. Acht jaren of warsä vormen een windoe. De dagen van de week heeten in het Javaansch als volgt:

Zondag — Ahad, Maandag — Sênèn,
Dinsdag — Selasa, Woensdag — Rebo,
Donderdag — Kemis, Vrijdag — Djoemaät,
Zaterdag — Saptoe.

Bij het betalen van belastingen, verrichten van heerendiensten, inlossen van verpande goederen en bij onderlinge overeenkomsten is de Javaansche telling in zwang, welke ongeveer 78 jaar met de onze verschilt; zoo is het jaar 1915 gelijk aan 1845/46 van de Javaansche. Het Javaansche *landbouwjaar* of pranoto-mongso is evenals het onze verdeeld in 12 tijdvakken, welke niet van gelijken duur zijn. Zij omvatten elk een bepaalde *mongso* of tijd, welke tengevolge van de weersgesteldheid geschikt is tot het verrichten van bepaalden landbouw. De gezamenlijke duur der 12 mongo's is gelijk aan een zonnejaar. Werd aanvankelijk de omvang van elke nieuwe mongso vastgesteld door de geestelijkheid, later werd door vorst Pakoe Boewono VII Soesoehoenan van Solo in 1852 voor elke mongso een bepaalde tijd vastgesteld. De eerste mongso werd met als eersten dag op 22 Juni 1855 vastgesteld en wel:

1	Mongso	Kasa	van	22 Juni	tot	1 Augustus	of	41	dagen
2	„	Karo	„	2 Augustus	„	24 Augustus	„	23	„
3	„	Katiga	„	25 „	„	17 September	„	24	„
4	„	Kapat	„	18 September	„	12 October	„	25	„
5	„	Kalima	„	13 October	„	8 November	„	27	„
6	„	Kanem	„	9 November	„	21 December	„	43	„
7	„	Kapitoe	„	22 December	„	2 Februari	„	34	„
8	„	Kawoloe	„	3 Februari	„	28 „	„	26	„
9	„	Kasanga	„	1 Maart	„	25 Maart	„	25	„
10	„	Kasadasa	„	26 Maart	„	18 April	„	24	„
11	„	Dèsta	„	19 April	„	11 Mei	„	23	„
12	„	Sada	„	12 Mei	„	21 Juni	„	41	„
						Samen		365	dagen.

De Chineesche tijdrekening.

De Chineezen tellen hun jaren naar de zon en hun maanden naar de maan. De dag van samenkomst van zon en maan is de eerste dag der maand. De jaren hebben 12 of 13 maanden; door toevoeging van één maand ongeveer in de drie jaren, regelen zij deze naar de zon. De zonsweg wordt bij hen in 12 gelijke deelen van 30 graden ver-

deeld. Al voor eeuwen hebben zij nu ingesteld, dat in elk der gewone maanden de zon in zulk een nieuw deel moet treden. Daar de maanmaand slechts 29½ dag is, kan het voorkomen, dat in een maand de overgang der zon uit het eene deel in het andere niet plaats heeft en dan is deze maand een schrikkelmaand en wordt dan tusschengeschoven („loen”maand). De andere maanden heeten achtereenvolgens

Tjia-goë	of 1e maand		Tjit-goë	of 7e maand	
Dji-goë	„ 2e	„	Peh-goë	„ 8e	„
Sa-goë	„ 3e	„	Kau-goë	„ 9e	„
Si-goë	„ 4e	„	Tsap-goë	„ 10e	„
Go-goë	„ 5e	„	Tsap-iet-goë	, 11e	„
Lak-goë	„ 6e	„	Tsap-dji-goë	„ 12e	„

De geheele berekening geschiedt voor den tijd te Peking. De jaren worden aangeduid door de zooveelste van de regeering van hun keizer. Sterft een keizer dan komt de nieuwe eerst met den volgenden nieuwjaarsdag aan de regeering. De geschiedschrijvers duiden de jaren nog op andere wijze aan door bij twee kleine cirkels te rekenen één van 10 en één van 12 jaar. Na 60 jaar komen de jaren weer in dezelfde volgorde terug.

De Japansche tijdrekening.

In Japan dragen de jaren namen naar verschillende tijdrekeningen, die vroeger dikwijls werden gewijzigd gedurende de regeering van denzelfden souverein. Sedert de troonsbeklimming van den laatsten keizer krijgen de jaren van de regeering van een vorst denzelfden naam. Zoo is Meiji de naam van de 45-jarige regeering van den laatsten keizer. De tegenwoordige jaarnaam is Taisho, ingesteld bij de troonsbestijging van den tegenwoordigen vorst op 31 Juli 1912. Het eerste jaar van Taisho correspondeert dus met het jaar 1912 van de Christelijke jaartelling.

Kalenderbijzonderheden.

Epacta.

Onder epact of bijgevoegde dagen wordt verstaan het aantal dagen, dat men bij een maanjaar moet voegen om de lengte van het overeenkomstige zonnejaar te vinden. Het is het getal, dat aangeeft den ouderdom van de maan op 1 Januari van elk zonnejaar. Daar het verschil van beide jaren 11 dagen is, groeien de epacten elk jaar met 11 aan tot zij de lunaire maand of 29 dagen overschrijden; de epacta loopt dus af met een maancirkel van 19 jaren. Dit is de *sterrenkundige* epacta; men spreekt ook wel van een *kerkelijke* epacta, welke vroeger diende om het tijdstip van Paschen te bepalen. Hierbij rekent men niet een maand van 30 dagen bij een verschil van 11 dagen van beide jaren, alzoo was in 1913 de epacta 22, dan is zij in 1914 alzoo $22 + 11 - 30 = 3$

Zonnecirkel.

Dit is een periode van 28 jaren, welke begint 9 jaar vóór Christus en aan welks einde het jaar weder met dezelfde dagen begint.

Bepaling van den 1sten Paaschdag van een gegeven jaar.

1. Het opgegeven jaar deele men door 19, door 4 en door 7. Noem de drie resten, welke er na deeling overblijven a, b en c.
2. Vermenigvuldig a met 19, voeg er 23 bij, deel deze som door 30 en noem de rest d.
3. Vermenigvuldig het getal b met 2, c met 4, d met 6 en tel bij de som dezer producten 4 (indien het gegeven jaar tusschen 1800 en 1899 ligt) of 5 (tusschen 1900 en 1999) en deel deze som dan door 7. Noem de rest e.
4. Is nu de som der getallen d en e kleiner dan 9, tel er dan 22 bij en men heeft den datum in Maart, doch zoo de som grooter is dan 9, trek er 9 af en de rest is de datum in April.

Voorbeeld: 1908 : 19 rest $a = 8$
„ : 14 „ $b = 0$
„ : 7 „ $c = 4$

$a \times 19 = 152$
$\underline{\quad 23}$
175 : 30 geeft rest $d = 25$

0 × 2 + 4 × 4 + 25 × 6 + 5 = 171
171 : 7 = 24; rest *e* = 3
d + *e* = 28 grooter dan 9
af 9
rest 19 April.

Bepaling van den dag op zekeren datum.

Om den dag te vinden, waarop een zekere gegeven datum viel, bepale men eerst den dag, waarop 1 Januari van het gegeven jaar viel, waarna de dag van den gegeven datum verder gemakkelijk te vinden is.

Om den dag te vinden van 1 Januari van zeker jaar, doet men de volgende berekeningen:

a. Trek van het jaartal af 1583; dat verschil noemen wij A.

b. Deel A door 4; het quotient noemen wij B en de rest zal zijn 1, 2 of 3.

c. Tel bij het verschil A het quotient B en als de rest, onder b. bedoeld 2 of 3 is, tel er dan nog 1 bij.

d. Deel de zoo verkregen som door 7, men krijgt dan een quotient en een rest; die rest wijst den dag aan, waarop 1 Jan. valt; 1 = Zondag; 2 = Maandag; 3 = Dinsdag, enz. 6 = Vrijdag; 0 = Zaterdag.

Voorbeeld: 25 Februari 1658.

a. 1658 — 1583 = 75 = A.

b. 75 gedeeld door 4 is 18, rest 3.

c. 75 + 18 + 1 (want de rest was 3) = 94.

d. 94 gedeeld door 7 is 13, rest 3. Deze 3 wijst dus aan, dat 1 Januari 1658 viel op Dinsdag.

Om nu den dag voor 25 Febr. te vinden, hebben we de volgende berekeningen:

a. we moeten het aantal dagen hebben na 1 Januari tot en met den gewenschten datum;

b. voeg daarbij het nummer van 1 Januari;

c. deel die som door 7 en de rest zal den dag aanwijzen, waarop de gevraagde datum valt.

Voor ons geval (25 Febr. 1685);

a. na 1 Januari tot en met 25 Februari komen 55 dagen;

b. 55 + 3 (1 Januari viel op Dinsdag = 3!) = 58;

c. 58 gedeeld door 7 = 8, rest 2.

Deze rest wijst dus aan, dat 25 Februari 1658 op Maandag viel.

Het jaar 1583 is als uitgangspunt genomen, omdat de 1e Januari 1583 de eerste 1e Januari is van onzen tegenwoordigen of Gregoriaanschen kalender. Daar volgens onze tijdrekening 1600, 2000 en 2400 geen schrikkeljaren zijn, terwijl 1700, 1800 en 1900 het wel zijn, is het noodig om, voordat tot deeling door 7 wordt overgegaan tot het bepalen van den 1en Januari, er 1 moet worden afgetrokken voor de jaren van 1701 tot 1800, 2 voor de jaren van 1801 tot 1900 en 3 voor de jaren van 1901 tot 2000.

De deeling door 4 dient om het aantal schrikkeljaren, de deeling door 7 om het getal weken te bepalen.

Tijdregeling.

Nederland.

Volgens het Kon. Besluit van den 7den November 1908 (staatsblad no. 336) is met ingang van den eersten Mei 1909 de wet van 23 Juli 1908 (staatsblad nr. 236) in werking getreden, waarbij is bepaald, dat de wettelijke tijd in Nederland is de middelbare zonnetijd van Amsterdam. Wordt de meridiaan over den Westertoren te Amsterdam aangehouden, dan is de middelbare tijd op dien meridiaan 19 min. 32,13 sec. later dan Greenwichtijd.

Ned.-Indië.

Voor de verschillende plaatsen geldt de plaatselijke tijd. De spoor- en tramwegen op Java hebben met ingang van 1 Mei 1908 den Midden-Java-tijd (meridiaan van halte Premboen, liggende tusschen den 109en en 110en meridiaan van Greenwich), ingevoerd, welke 12 minuten later is dan Bataviatijd.

Met ingang van 1 April 1918 is verder bepaald dat als officieele tijd voor de gouvernementen Atjeh en Onderh. en Oostkust van Sumatra zal gelden de Padangtijd.

Buitenland.

Verschillende Europeesche Staten hebben voor de tijdregeling gebruik gemaakt van het op het congres te Washington in 1884 aangenomen beginsel van verdeeling in uurzones (zones van 15°), uitgaande van den meridiaan van Greenwich. De Westeuropeesche zone strekt zich 7° 30′ lengtegraad ter weerszijden van dezen meridiaan uit. De voor deze zone geldende Westeuropeesche tijd, zijnde de middelbare tijd van Greenwich, is aangenomen in Engeland, België, Frankrijk, Spanje en Portugal.

De Middeleuropeesche zone heeft haar Middeleuropeeschen tijd. welke juist één uur op den Westeuropeeschen tijd voor is. Deze is aangenomen in Duitschland, Oostenrijk-Hongarije, Bosnië en Herzogowina, Albanië, Montenegro, de Congo, Denemarken, Italië, Servië, Zwitserland, Zweden en Noorwegen.

In Italië en België worden de uren geteld van 0 tot 24, de morgenuren van 0 tot 12 en de avonduren van 12 tot 24.

De Oosteuropeesche zone heeft haar Oosteuropeeschen tijd, welke weder een uur later is dan de vorige tijd. Deze tijd is aangenomen in Bulgarije Rumenië en Egypte en op de spoorwegen van Europeesch Turkije.

Frankrijk en Algerië hadden als wettelijken tijd den middelbaren tijd van Parijs (wet van 15 Maart 1891). In 1911 is als wettelijke tijd ingevoerd de Westeuropeesche tijd welke 9 minuten 21 sec. vroeger is dan de middelbare tijd van Parijs. Hij is tevens in Tunis ingevoerd.

In Portugal had men het uur van Lissabon aangenomen, dat 36 min. 39 sec. later is dan de tijd van Greenwich.

In Rusland geldt voor de spoorwegen uitsluitend de middelbare tijd van Petersburg; hij is 2 uur, 13 sec. later dan de tijd van Greenwich.

De Vereenigde Staten van Amerika en Canada hebben voor de spoorwegen 4 normale tijden (Standard Time) ingevoerd, nl. East Standard Time, welke 5, Central Standard Time, welke 6, Mountain Standard Time, welke 7 en Pacific Standard Time, welke 8 uren bij Greenwichtijd achter zijn. In Canada zijn deze uren wettelijk voorgeschreven en heeft men de verdeeling van 0 tot 24.

Chili heeft zijn officieelen tijd vastgesteld op 5 uren na Greenwichtijd.

Japan heeft een wettelijken tijd, welke juist 9 uren later is dan Greenwichtijd. Australië en Nieuw-Zeeland hebben tijden, welke 8, 9, 10 of 11 uren op Greenwichtijd vóór zijn.

Op den 180sten lengtegraad van den meridiaan, waarnaar de tijd bepaald is, zal men, om geen verwarring te krijgen, den dag van naam moeten veranderen. Voor de practijk is vastgesteld, dat deze lijn gelegen is op ongeveer den 180sten lengtegraad van den meridiaan van Greenwich, gaande door den Grooten Oceaan ten Oosten van Kamschatka, ten Westen der Carolinische eilanden en ten Oosten van N. Zeeland en Chattham.

Meridiaanverschillen.

	Ferro	Greenwich	Parijs	Pulkowa	Amsterdam
Ferro	—	+ 17°39′51″	+ 20°	+ 47°59′30″	+ 22°33′ 9″
Greenwich	— 17°39′51″	—	+ 2°20′ 9″	+ 30°19′39″	+ 4°53′18″
Parijs	— 20°	— 2°20′ 9″	—	+ 27°59′30″	+ 2°33′ 9″
Pulkowa	— 47°59′30″	— 30°19′39″	— 27°59′30″	—	— 25°26′21″
Amsterdam	— 22°33′ 9″	— 4°53′18″	— 2°33′ 9″	+ 25°26′21″	—

Tijdtafels.

Tijdsverschillen met den Amsterdamschen tijd:

Buitenland. L a n d e n:

	uren	minuten		uren	minuten
België	— 0	20	Noorwegen	+ 1	0
Bulgarije	+ 1	40	Portugal	— 0	20
Denemarken	+ 1	0	Rumenië	+ 1	40
Duitschland	+ 1	0	Rusland	+ 1	41
Frankrijk	— 0	20	Zweden	+ 1	0
Griekenland	+ 1	15	Zwitserland	+ 1	0
Groot Brittannië	— 0	20	Spanje	— 0	20
Italië	+ 1	0	Oost-Turkije	+ 1	40

Buitenland. Steden:

	uren	minuten		uren	minuten
Batavia	+ 6	48	Caïro	+ 1	45
Berlijn	+ 0	34	Calcutta	+ 5	34
Bern	+ 0	10	Chicago	— 6	12
Bombay	+ 4	32	Colon	— 5	40
Breslau	+ 0	49	Dresden	+ 0	35
Brussel	— 0	2	Edinburgh	— 0	32
Buenos Ayres	— 4	13	Frankfort a.M.	+ 0	15
Greenwich	— 0	20	Parijs	— 0	10
Hamburg	+ 0	20	Peking	+ 7	26
Jerusalem	+ 2	1	Petersburg	+ 1	41
Kaapstad	+ 0	54	Praag	+ 0	38
Kanton	+ 7	14	Pretoria	+ 1	36
Keulen	+ 0	8	Rio Janeiro	— 3	12
Kopenhagen	+ 0	31	Rome	+ 0	38
Lissabon	— 0	20	Semarang	+ 7	2
Londen	— 0	20	Saigon	+ 6	47
Madrid	— 0	34	Smirna	+ 1	29
Marseille	+ 0	2	Soerabaya	+ 7	11
Melbourne	+ 9	20	Stockholm	+ 0	53
Milaan	+ 0	17	Stuttgart	+ 0	17
Moskou	+ 2	11	Triëst	+ 8	36
München	+ 0	27	Warschau	+ 1	5
New-York	— 5	16	Weenen	+ 0	46
Padang	+ 6	22	Washington	— 5	28
Paramaribo	— 4				

Binnenland.

	minuten	secunden		minuten	secunden
Alkmaar	— 0	32	Harderwijk	+ 3	0
Amersfoort	+ 2	1	Harlingen	+ 2	7
Arnhem	+ 4	6	Helder (den)	— 0	33
Assen	+ 6	55	Hellevoetsluis	— 3	1
Bergen op Zoom	— 2	23	's-Hertogenbosch	+ 1	42
Bommel	+ 1	28	Hoorn	+ 0	42
Breda	— 0	26	Kampen	+ 4	8
Brielle	— 2	53	Leeuwarden	+ 3	38
Coevorden	+ 7	26	Leiden	— 1	34
Delft	— 2	6	Maastricht	+ 3	11
Deventer	+ 5	5	Medemblik	+ 0	53
Doesburg	+ 4	55	Middelburg	— 5	5
Dokkum	+ 4	27	Nijmegen	+ 3	55
Dordrecht	— 0	54	Rotterdam	— 1	36
Edam	+ 0	39	Schiedam	— 1	57
Enkhuizen	+ 1	38	Sneek	+ 3	6
Gorkum	+ 0	21	Tiel	+ 2	12
Gouda	— 0	42	Utrecht	+ 0	57
Grave	+ 3	26	Vlissingen	— 5	13
's-Gravenhage	— 2	19	Zierikzee	— 3	53
Groningen	+ 6	44	Zutphen	+ 5	15
Haarlem	— 0	59	Zwolle	+ 4	50

Oriënteeren.

Om de hemelstreken te vinden heeft men de volgende hulpmiddelen:

1. Het kompas. De magneetnaald geeft slechts een benaderde richting van het Noorden.

2. Bij nacht heeft men in enkele sterrenbeelden een hulpmiddel.

In het Zuidelijk halfrond heeft men het Zuiderkruis (fig. 4), waarin de lijn AB met ongeveer viermaal dezen afstand verlengd de Zuidpool aangeeft.

In het Noordelijk halfrond heeft men de Groote Beer (fig. 5), waarvan de verbindingslijn der beide sterren α en β de poolster bevat, welke ster deel uitmaakt van het sterrenbeeld de Kleine Beer en de Noordelijke hemelpool aangeeft. De afstand van de poolster tot de ster α van de Groote Beer is ongeveer gelijk aan 6 maal den afstand α-β. De poolster beschrijft slechts een kleinen cirkel van 1° 10′ om de pool.

3. De stand van de zon op den middag (12 uur) geeft ons tevens een middel om den meridiaan- (Noord-Zuid)richting te bepalen. Men moet evenwel den waren tijd hebben, welke slechts 4 maal per jaar (15 April, 14 Juni, 31 Augustus en 24 December) met den middelbaren of gewonen tijd samenvalt. Op andere dagen moet men met de tijdsvereffening rekening houden. Om de Noordrichting te bepalen diene, dat de zon van Maart tot September om 12 uur Noordelijk van den evenaar, en van September tot Maart Zuidelijk daarvan staat. Alleen op de dagen, dat de zon in de nachteveningspunten staat d.i. 22 Maart en 22 September, gaat de zon voor alle plaatsen op aarde om 6 uur 's morgens juist in het Oosten op en gaat zij om 6 uur 's avonds in het Westen onder.

4. Leg een uurwerk plat op de hand, zóó, dat de uurwijzer in de richting der zon staat. Trek de lijn, welke den hoek tusschen dezen wijzer en het getal 12 midden-

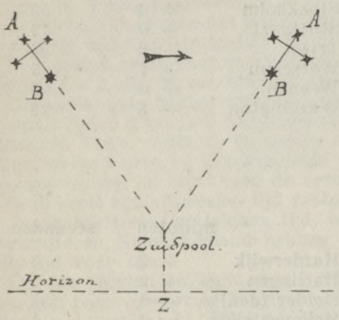


Fig. 4.

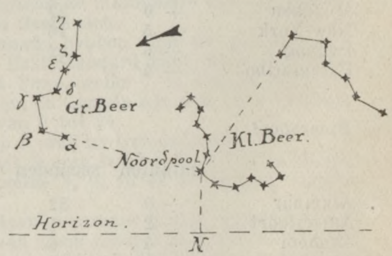


Fig. 5.

door deelt. Deze lijn wijst het Zuiden en haar verlengde het Noorden aan. Met het front naar het Zuiden staande, heeft men altijd het Westen rechts, het Oosten links. 's Middags om 12 uur is bovengenoemde hoek nul, omdat dan de zon in het Zuiden of Noorden staat. De aanwijzing is niet geheel juist, daar zij uitgaat van de aanname, dat de zon om 6 uur 's morgens overal en altijd juist in het Oosten staat, hetgeen niet het geval en van breedte en dag van het jaar afhankelijk is.

5. Wil men van den stand van de zon op een willekeurig uur gebruik maken om de hemelstreken te vinden, dan kan de volgende tabel worden gebezigd. Hierin vindt men voor iederen dag en elke plaatsbreedte den tijd, welken bij 6 uur 's morgens moet opgeteld, om den juisten stand van de zon in het Oosten te vinden. In het Noordelijk halfrond is daarvan alleen in maanden met Noorderdeclinatie (Maart—September) en in het Zuidelijk halfrond alleen bij Zuiderdeclinatie (September—Maart) gebruik te maken, terwijl aan den equator de zon slechts in de nachteveningspunten (dagen) in het O. of W. te vinden is.

Breedte der plaats	Dagelijksche afwijking in uren en minuten							
90°	0	0m	0	0	0	0	o	0
80	0	3m	7m	10m	14m	16m	17m	17m
66° 33′ (poolcirkel)	0	7m	17m	26m	36m	40m	42m	44m
60	0	10m	22m	32m	46m	53m	56m	58m
55	0	14m	28m	36m	54m	1u 2m	1u 4m	1u 6m
50	0	16m	33m	51m	1u 11m	1u 18m	1u 23m	1u 25m
45	0	20m	40m	1u 1m	1u 26m	1u 35m	1u 40m	1u 42m
40	0	24m	48m	1u 14m	1u 46m	1u 56m	2u 2m	2u 6m
35	0	28m	57m	1u 26m	2u 5m	2u 17m	2u 28m	2u 32m
30	0	35m	1u 10m	1u 46m	2u 36m	2u 56m	3u 8m	3u 14m
25	0	35m	1u 10m	1u 46m	2u 36m	2u 54m	3u 8m	3u 14m
23° 27′ (keercirkel)	0	41m	1u 28m	2u 20m	3u 26m	4u 8m	4u 22m	4u 32m
20	0	47m	1u 34m	2u 38m	3u 48m	4u 30m	5u 10m	6u
15	0	53m	1u 44m	3u 19m	6u			
10	0	1u 16m	2u 42m	6u				
5	0	6	6u					
0	0	6						
Noordelijk halfrond	22 Sept. 22 Maart	10 Sept. 3 April	28 Aug. 16 April	13 Aug. 1 Mei	24 Juli 21 Mei	15 Juli 1 Juni	5 Juli 11 Juni	22 Juni 22 Juni
Zuidelijk halfrond	23 September 22 Maart	6 October 9 Maart	19 October 24 Februari	3 November 9 Februari	22 November 21 Januari	2 December 11 Januari	12 December 31 December	22 December 23 December

Op 3 November op 30° N.Br. is dus de afwijking 1u 46m d.w.z. de zon staat in het Oosten om 6 u + 1 u 46 m = 7 u 46 m en niet om 6 uur.

Geographische gegevens.

Litteratuur.

Annuaire du Bureau des Longitudes. Gauthier Villars et Cie, Parijs.
Otto Hübners Geographisch-Statistische Tabellen. H. Keller, Frankfort a. M.
Jaarcijfers voor het Koninkrijk der Nederlanden, bewerkt door het Centraal Bureau voor de Statistiek. Gebr. Belinfante, 's-Gravenhage.
Regeeringsalmanak voor Ned.-Indië.

Oppervlak der werelddeelen en haar bewoners.

(Naar verschillende opgaven afgeleid.)

	KM²	Bevolking in millioen	Bevolking per KM²
Azië	44 284 784	921,3	20,8
Europa	9 897 004	457,2	46,2
Afrika	30 015 573	133,—	4,4
Amerika	38 720 354	190,7	4,9
Australië en Oceanië	8 954 922	55,5	6,2
Poolgebieden	12 669 510	13,—	1,—
Samen . .	144 542 147	1770,7	11,57
Gezamenlijk wateroppervlak	365 409 000		
Totaal oppervlak	509 951 147		

of 28,4 pCt. land en 71,6 pCt. water.

Oceanen en hun diepten.

De gemiddelde zeediepte over de geheele aarde is te stellen op 3700 M.

	Grootste diepte in M	Gemiddelde diepte in M	Oppervlak in KM²
Groote Oceaan . . .	9 636	3 900	161 000 000
Noordzee	8 513	3 870 (Noordzee, Zuidzee)	175 621 900 (Noordzee t/m Floreszee)
Zuidzee	8 284		
Behringzee	3 926	1 163	
Japansche zee . .	3 000	2 200	
Chineesche zee . .	5 250	984	
Soeloezee	4 663	1 260	
Celebeszee	5 111	2 000	
Bandazee	6 505	3 000	
Floreszee	5 120	?	
Philippijnen Kil . .	9 800		
Noordelijke IJszee .	4 846	3 330 (Noordelijke IJszee t/m Zuidatlant. oceaan)	15 282 400
Noordatlant. oceaan .	8 341		88 624 100 (Noordatlant. oceaan t/m Amerik. middelzee)
Zuidatlant. oceaan .	7 370		
Noordzee	808	89	
Oostzee	427	67	
Middellandsche zee .	4 400	1 339	
Zwarte zee	2 618	750	
Amerik. middelzee .	6 269	1 832	
Indische oceaan . .	6 205	3 600	74 011 700 (Indische oceaan t/m Perzische golf)
Roode zee	2 271	460	
Perzische golf . . .	104	47	
Zuidelijke IJszee . .	3 612	1 150	20 377 800

Hoogte van bergen.

Mount Everest (Himalaya, Azië)	8 840 M
Dapsang (Godwin Austen) (Himalaya, Azië)	8 619 „
Kantchin-Djanga (Himalaya, Azië)	8 580 „
Dhawalagiri (Azië)	8 180 „
Tagarma (Pamir, Azië)	7 880 „
Tengri Khan (Thian Shan, Azië)	7 310 „
Chumalharli (Himalaya, Azië)	7 290 „
Mont Dupleix	8 000 „
Mustag-ata (Azië)	7 860 „
Tiratshmir	7 750 „
Aconcagua (Andes, Zuid-Amerika)	7 040 „
Chimborazo	6 310 „
Kilima-Djaro (Oost-Afrika)	5 890 „
Piek van Orizaba (Noord-Amerika)	5 550 „
Ruwenzori (Agunda, Afrika)	5 070 „
Cotopani (Andes, Z.-Amerika)	5 978 „
Mount Logan (Rocky Mountains, N.-Amerika)	5 959 „
Licancaur (Andes, Z.-Amerika)	5 953 „
Mount Eias (Rocky M. N.-Amerika)	5 944 „
Mont Blanc (Alpen, Europa)	4 810 „
Mont Rosa „ „	4 638 „
Finsteraarhorn „ „	4 275 „
Jungfrau „ „	4 168 „
Etna „	3 313 „

Grootste bereikte hoogten.

Kabelballon (1913)	. . . .	7 180 M
Vrije ballon (1901)	. . . .	10 800 „
Vliegmachine	Maj. Ruddy W. Schroeder met Lepère-tweedekker te Dayton, Ohio, 27 Februari 1920	10 093 „
„	Kapt. Long met passagier met Eng. tweedekker 4 Jan. 1918 te Ipswich 30500 voet in 66 min. 15 sec. of . .	9 200 „
„	Cassale 6 Juli 1919 met Nieuport tweedekker	10 100 „
„	Rolland Rolffs met Curtiss	10 546 „
„	Oelerich (14 Juli 1914)	8 150 „
„	Legagneux met éëndekker Morane (17 Sept. 1912) . . .	5 700 „
„	Chevillard met tweedekker Farman met 3 passagiers (op 12 Febr. 1912)	1 350 „
„	Frangeois met 6 passagiers op (8 Mei 1913)	850 „
Meteorologische vlieger	. . . .	7 205 „
Condor	. . . .	7 000 „
Alpenvogels	. . . .	3 600 „
Zeppelinluchtschip (1914)	. . . .	3 125 „

Groote rivieren met haar stroomgebieden.

RIVIER	Stroomlengte in KM	Stroomgebied in KM²	Gemiddeld stroomgebied per KM lengte in KM²
Mississippi (Missouri)	6 580	3 248 000	493
Amazone	6 200	7 050 000	1 137
Nijl (van af de Victoria Nyanza)	5 590	2 867 000	513
Jeniseï	5 500	2 591 500	471
Jangsé	5 200	1 775 000	341
Rio de la Plata .	4 700	3 104 000	660
Congo	4 200	3 690 000	878
Hoango	4 100	980 000	240
Lena	4 600	2 383 700	518
Niger	4 200	2 092 000	498

RIVIER	Stroomlengte in KM	Stroomgebied in KM²	Gemiddeld stroomgebied per KM lengte in KM²
Ob	5 200	2 947 900	567
Wolga	3 487	1 729 550	500
Donau	2 888	828 570	290
Indus	2 870	960 000	334
Brahmapoetra	2 870	930 000	324
Ganges	2 420	1 040 000	429
Dnjepr	2 150	524 000	244
Don	1 860	430 300	231
Irawady	1 690	391 000	231
Dwina	1 780	362 300	233
Petschora	1 580	329 500	208
Dnjestr	1 370	76 900	56
Rijn	1 440	270 060	190
Godavery	1 430	315 000	220
Krishna	1 280	244 000	190
Salwen	1 200	162 000	135
Elbe	1 175	160 890	150
Weichsel	1 092	206 860	190
Loire	1 020	115 146	113
Duna	930	85 400	92
Taag	910	82 600	91
Oder	910	118 940	136
Mahanadi	830	111 000	134
Guadiana	820	65 500	80
Rhône	826	98 660	83
Wezer	515	68 950	136
Seine	776	77 310	100
Po	720	83 320	121
Theems	349	13 216	37
Gironde		90 550	
Warthe	796	47 690	61
Main	606	41 950	68
Drau	606	18 847	30
Mur	455	13 216	29
Moldau	417	33 900	83
Neckar	402	10 917	27
Saale	380	22 410	61
Inn	508	48 850	98
Maas	950	27 500	29
Schelde	430	21 220	49
Spree	364	9 768	27
Tiber		16 720	
Kisthna		258 000	
Indus en Luni		1 163 000	

Geographische ligging van verschillende plaatsen.

(Gerekend van den meridiaan over Amsterdam.)

Buitenland.	Breedte
Antwerpen	51° 12′ 28″ N
Berlijn	52° 30′ 17″ N
Bern	46° 57′ 9″ N
Brussel	50° 50′ 37″ N
Hamburg	53° 33′ 7″ N
Kopenhagen	55° 40′ 42″ N
Konstantinopel	41° 0′ 10″ N
Lissabon	38° 42′ 18″ N
Liverpool	53° 24′ 37″ N
Londen	51° 30′ 49″ N
Madrid	40° 24′ 30″ N
Moskou	55° 45′ 20″ N
New-York	40° 42′ 44″ N
Peking	39° 54′ 23″ N
Rome	41° 54′ 6″ N
St. Petersburg	59° 56′ 30″ N
Sofia	42° 41′ 57″ N
Stockholm	59° 20′ 33″ N
Suez	29° 56′ 9″ N
Tokio	35° 39′ 18″ N
Valparaiso	33° 2′ 10″ N
Weenen	48° 12′ 33″ N

Binnenland.

	Breedte N.	O. of W. Lengte		Breedte N.	O. of W. Lengte
Alkmaar . . .	52°37'55"	0° 8' 0"W	Den Helder . .	52°57'42"	0° 6'58' W
Amersfoort . .	52°9'20"	0°30'14" O	Hellevoetsluis .	51°49'25"	0°45'15"W
Amsterdam . .	52°22'30"	0° 0' 0"	's-Hertogenbosch.	51°41'18"	0°25'28" O
Arnhem . . .	51°58'46"	1° 1'35" O	Hoorn	52°38'28"	0°10'35" O
Assen	52°58' 0"	1°43'45" O	Kampen . . .	52°33'35"	1° 1'58" O
Breda	51°35'22"	0° 6'31"W	Leeuwarden . .	53°12'13"	0°54'23" O
Coevorden. . .	52°39'40"	1°51'24" O	Leiden. . .	52° 9'23"	0°23'31"W
Delft	52° 0'45"	0°31'24"W	Maastricht. . .	50°50'55"	0°48'14" O
Deventer . . .	52°15' 8"	1°16'17" O	Middelburg . .	51°30' 0"	1°16' 8"W
Doesburg . . .	52° 0'54"	1°15' 1" O	Naarden . . .	52°17'46"	0°16'44" O
Dokkum . . .	53°19'39"	1° 6'51" O	Nijmegen . . .	51°50'54"	0°58'44" O
Dordrecht . .	51°48'53"	0°13'25"W	Rotterdam . .	51°55'19"	0°23'55"W
Edam	52°30'46"	0° 9'48" O	Schiedam . . .	51°55' 6"	0°29' 6"W
Enkhuizen . .	52°42'16"	0°24'33" O	Tiel	51°53' 8"	0°33' 1" O
Gouda	52° 0'40"	0°10'23"W	Utrecht	52° 5'28"	0°14'16" O
's-Gravenhage .	52° 4'40"	0°34'37"W	Vlissingen . . .	51°26'35"	1°18'35"W
Groningen . .	53°13'12"	1°41' 6" O	Zierikzee . . .	51°32' 3"	0°58'88"W
Haarlem . . .	52°22'54"	0°14'47"W	Zutphen . . .	52° 8'24"	1°18'43" O
Harderwijk . .	52°20'58"	0°43'59" O	Zwolle	52°30'46"	1°12'23" O
Harlingen . .	53°10'29"	0°31'43" O			

Ned.-Indië.

Plaats	Breedte	Lengte	Hoogte boven zee in M
Ambon	3° 42' Z	128° 10' O	4.2
Ampenan	8° 33' Z	116° 3' O	3.—
Balik-Papan	1° 17' Z	116° 51' O	5.—
Bandoeng	6° 55' Z	107° 36' O	730.—
Bandjermasin	3° 20' Z	114° 35' O	—
Banjoewangi	8° 13' Z	114° 23' O	5.—
Batavia	6° 11' Z	106° 50' O	7.—
Benkoelen	3° 47' Z	102° 15' O	—
Buitenzorg	6° 36' Z	106° 48' O	270.—
Cheribon	6° 43' Z	108° 34' O	3.—
Djember	8° 9' Z	113° 44' O	83.—
Djokjakarta	7° 48' Z	110° 22' O	113.—
Fort van der Capellen	0° 28' Z	100° 35' O	450.—
Fort de Kock	0° 21' Z	100° 28' O	920.—
Kediri	7° 49' Z	112° 0' O	62.—
Koepang	10° 10' Z	123° 34' O	3.—
Kotta Radja	5° 32' N	95° 20' O	7.1
Madioen	7° 57' Z	111° 31' O	66.—
Magelang	7° 28' Z	110° 13' O	380.—
Makasser	5° 8' Z	119° 24' O	2.—
Malang	7° 57' Z	112° 35' O	1040.—
Meester Cornelis	6° 13' Z	106° 51' O	20.—
Medan	3° 35' N	98° 41' O	20.—
Merauke	8° 28' Z	140° 23' O	4.—
Menado	1° 30' N	124° 50' O	3.5
Padang	0° 56' Z	100° 22' O	6.7
Palembang	2° 59' Z	104° 46' O	—
Pajakombo	0° 15' Z	100° 39' O	512.—
Pasoeroean	7° 38' Z	112° 55' O	5.—
Pontianak	0° 1' Z	109° 20' O	2.6
Probolinggo	7° 44' Z	113° 13' O	10.—
Poerwakarta	6° 33' Z	107° 26' O	82.—
Pekalongan	6° 53' Z	109° 40' O	9.—
Rembang	6° 42' Z	111° 21' O	—
Salatiga	7° 19' Z	110° 30' O	580.—
Semarang	6° 58' Z	110° 25' O	2.—

Plaats	Breedte	Lengte	Hoogte boven zee in M
Soekaboemi	6° 55′ Z	106° 51′ O	600.—
Soerabaja	7° 14′ Z	112° 44′ O	7.—
Soerakarta	7° 34′ Z	110° 50′ O	104.—
Serang	6° 7′ Z	106° 9′ O	25.—
Soemenep	7° 3′ Z	113° 54′ O	17.—
Siboga	1° 44′ N	98° 46′ O	1.50
Singaradja	8° 6′ Z	115° 5′ O	200.—
Tandjoeng Priok	6° 6′ Z	106° 53′ O	1.—
Telok Betong	5° 27′ Z	105° 16′ O	10.—
Tandjong Pandan	2° 45′ Z	107° 39′ O	3.—
Tjilatjap	7° 19′ Z	109° 1′ O	6.—
Tosari	7° 54′ Z	112° 55′ O	1735.—

Oppervlak en bevolking van verschillende staten.

(toestand en inwonertal 1910—1911).

STAAT	Oppervl. in 1000 KM²		Bevolking in millioen inwoners		Dichtheid per KM²		Toename jaarlijks in % van den Staat
	Van den Staat	Van de Koloniën	Van den Staat	Van de Koloniën	Van den Staat	Van de Koloniën.	
Nederland* (1919) .	33,1	2 046	6,8	47,3	206	23,1	16,1
Duitschland . . .	540,9	2 923	64,9	15,5	120	5	7
Zwitserland . . .	41,3	—	3,8	—	91	—	—
Oostenrijk-Hongarije (met Bosnië en Herzegowina)	676,1	—	51,3	—	76	—	0,92
Italië	286,7	4 84	34,7	0,6	121	—	—
Frankrijk	536,5	11 156	39,6	48,8	74	—	0,88
Spanje	497,2	240	19,2	0,6	38	—	—
Portugal	91,1	2 093	5,3	8,6	58	—	—
Groot Brittannië en Ierland	314,4	29 845	45,4	376,2	144	12	9,03
België	29,5	2 383	7,4	15,5	253	—	—
Denemarken . . .	40,4	193	2,8	0,1	69	0,6	—
Zweden	447,9	—	5,5	—	12	—	—
Noorwegen . . .	322,9	—	2,4	—	8	—	—
Rusland (Eur.) . .	5 427,6	—	133,9	—	24	—	—
„ (geheel) .	22 555,6	—	166,1	—	7	—	—
Rumenië	131,4	—	6,9	—	52	—	—
Servië	48,3	—	2,9	—	60	—	—
Turkije (Eur.) . .	175,5	—	6,5	—	36	—	—
„ (geheel) . .	4 020	—	35,7	—	9	—	—
Bulgarije	96,3	—	4,3	—	45	—	—
Griekenland . . .	64,7	—	2,6	—	41	—	—
Perzië	1 645	—	9	—	5	—	—
China	6 242	4 897	329	4,1	5	0,9	—
Japan	382,4	291	51,6	17	138	—	—
Ver. Staten van Noord-Amerika .	9 369,4	324	92	9,8	10	30	—
Mexico	1 987,2	—	19	—	8	—	—
Argentinië	2 806,4	—	7,1	—	2,5	—	—
Bolivia	1 226,6	—	2,3	—	1,5	—	—
Brazilië	8 550	—	20,6	—	2	—	—
Chili	763,5	—	3,3	—	4	—	—
Columbia	1 127,4	—	4,8	—	4	—	—
Peru	1 137	—	4,6	—	4	—	—
Venezuela	942,3		2,7	—	3	—	—

* Zie ook bldz. 25 en 27.

Bevolking van Nederland.

(Op 31 December 1919 volgens de bevolkingsregisters, zie St. Ct. nr. 107, opgave van het Centraal Bureau voor de Statistiek.)

Provinciën.

	Mannen	Vrouwen	Totaal
Noord-Brabant	366 120	362 891	729 011
Gelderland	366 693	359 697	726 390
Zuid-Holland	814 788	849 496	1 664 284
Noord-Holland	630 446	658 380	1 288 826
Zeeland	123 331	123 551	246 882
Utrecht	165 163	170 298	335 461
Friesland	193 775	191 587	385 362
Overijssel	220 831	214 216	435 047
Groningen	181 014	182 063	363 077
Drenthe	106 697	100 182	206 879
Limburg	232 490	217 522	450 012
Totaal	3 401 348	3 429 883	6 831 231

De bevolking is in 1913 toegenomen met 98 401 inwoners of 16,10 per mille en in 1919 met 52 528 inwoners of 7,69 per mille.

Door meerdere vestiging dan vertrek nam de bevolking in 1913 in totaal toe met 727 of 0,12 per mille en in 1919 nam zij door meerder vertrek af met 22 273 of met 3,3 per mille.

Bevolking, oppervlak en dichtheid van gemeenten in Nederland.

GEMEENTE	Bevolking	Oppervlak in HA	Dichtheid per 100 HA=1 KM²
Amsterdam (1919)	647 120	4 615	14 022
Rotterdam (1919)	506 067	5 498	9 205
's-Gravenhage (1919)	359 610	4 189	8 585
Utrecht (1919)	138 334	2 298	6 020
Groningen (1919)	89 030	1 808	4 924
Haarlem (1919)	76 302	641	11 904
Arnhem (1919)	71 002	6 715	1 057
Nijmegen (1919)	66 833	4 204	1 589
Tilburg (1919)	61 557	7 946	748
Leiden (1919)	61 408	585	10 497
Apeldoorn (1919)	46 139	33 972	136
Leeuwarden (1919)	42 624	1 655	2 575
Maastricht (1919)	41 305	448	9 220
Enschede (1919)	41 285	680	6 071
Emmen (1919)	39 750	29 098	136
Schiedam (1919)	39 066	895	4 365
Delft (1919)	38 433	559	6 875
's-Hertogenbosch (1919)	38 067	1 761	2 162
Zwolle (1919)	35 043	2 006	1 746
Hilversum (1919)	37 558	4 689	801
Deventer (1919)	32 514	1 485	2 190
Amersfoort (1919)	30 804	2 264	1 361
Breda (1919)	30 044	282	10 660
den Helder (1919)	29 380	4 488	655
Zaandam (1919)	28 352	2 448	1 158
Gouda (1919)	26 564	898	2 958
Hengelo (1919)	25 593	4 417	579
Vlaardingen (1919)	24 886	868	2 867
Alkmaar (1919)	23 778	1 444	1 647
Vlissingen (1919)	22 343	787	2 838
Kampen (1919)	20 388	5 916	345

GEMEENTE	Bevolking	Oppervlak in HA	Dichtheid per 100 HA=1 KM²
Zutphen (1919) . . .	18 426	1 212	1 599
Rheden (1919)	20 540	8 734	235
Lonneker (1919) . .	21 499	14 223	151
Roosendaal en Nispen (1919)	20 282	5 715	355
Opsterland (1905) . .	15 985	23 050	69
Schoterland (1905) .	15 279	1 4225	100
Assen (1905)	12 553	5 517	227

Bevolking en oppervlak van Ned-Indië.

De oppervlakte volgens planimetrische berekening in 1891; de bevolking volgens administratieve gegevens op 31 December 1917, het personeel van leger en vloot niet inbegrepen.

Bevolking en oppervlak der Buitenbezittingen.

Gewesten	Oppervlak KM²	Bevolking				Dichtheid per KM²
		Europeanen	Vreemde Oosterlingen	Inlanders	Totaal	
Sumatra's Westkust	40 250	3 532	11 922	1 273 170	1 288 624	32
Tapanoeli	42 082	723	2 671	761 844	765 238	18
Benkoelen	24 441	484	3 299	226 062	229 845	9
Lampongsche distr.	29 366	458	2 858	168 256	171 572	6
Palembang	} 139 128	1 400	12 673	746 475	760 548	} 7
Djambi		190	3 959	203 116	207 265	
Oostk. v. Sumatra	91 895	6 270	145 655	742 215	894 140	9.8
Atjeh en onderhoorigheden	53 222	1 734	12 982	695 125	709 841	13
Riouw en „	42 429	419	21 628 §)	177 602	199 649	5
Banka en „	11 587	541	71 714	81 923	154 178	14
Billiton	4 842	368	20 762	38 351	59 481	12
Westerafd. v. Borneo	145 195	485	67 018	506 134	573 637	4
Z. en Oosterafd. v. „	408 146	1 963	16 616	922 287	940 866	2.4
Celebes en onderhoorigheden	128 478	2 436	17 367	2 332 245	2 352 048	19
Menado	57 436	1 787	10 726	729 513	742 026	13
Amboina *)	51 464	3 181	2 999	354 754	360 934	7
Ternate en onderhoorigheden	457 383	477	1 193	198 465	200 135	0.5
Timor „ „	46 056	653	4 821	1 085 875	1 091 349	24
Bali en Lombok	10 523	314	8 081	1 336 485	1 344 880	13
Totaal	1 783 923	27 415	438 944	12 579 897	13 046 256	7.3

*) Zielental ultimo 1912. §) Hieronder 15750 contract-koelies der Bill. Mij.

Zielengetal van eenige groote gemeenten in Nederland. (Volg. de bevolk.regist. naar opg. v.h. Centr. Bur. v. de Statist., zie St. Ct. Nr. 107). Zie tabel pag. 27.

GEMEENTEN boven 20 000 inwoners	Bevolking op 31 Dec. 1918 (1 Januari 1919) volgens de bevolkingsregisters			Meer geboren dan overleden			Meer gevestigd dan vertrokken			Toeneming der bevolking in den loop van 1919			Bevolking op 31 Dec. 1919 volgens de bevolkingsregisters		
	M.	V.	T.	M.	V.	T.	M.	V.	T.	M.	V.	T.	M.	V.	T.
Alkmaar	11 633	12 123	23 756	61	57	118	— 45	— 51	— 96	16	6	22	11 649	12 129	23 778
Almelo	11 693	12 313	24 006	116	161	277	5	— 19	— 24	111	142	253	11 804	12 455	24 259
Amersfoort	14 765	14 971	29 736	215	176	391	363	314	677	578	490	1 068	15 343	15 461	30 804
Amsterdam	310 448	333 620	664 068	2 537	1 929	4 466	— 466	— 948	—1414	2 071	981	3 052	312 519	334 601	647 120
Apeldoorn	22 155	22 984	45 139	262	210	472	270	258	528	532	468	1 000	22 687	23 452	46 139
Arnhem	33 587	36 956	70 543	312	217	529	— 51	— 19	— 70	261	198	459	33 848	37 154	71 002
Breda	14 134	15 482	29 616	188	152	340	92	— 4	88	280	148	428	14 414	15 630	30 044
Delft	19 292	18 897	38 189	224	130	354	31	— 141	— 110	255	— 11	244	19 547	18 886	38 433
Deventer	16 136	16 347	32 483	126	87	213	— 89	— 93	— 182	37	— 6	31	16 173	16 341	32 514
Dordrecht	26 415	27 411	53 826	298	311	609	— 321	— 493	— 814	— 23	— 182	— 205	26 392	27 229	53 621
Ede	11 538	10 638	22 176	195	126	321	— 201	— 124	— 325	— 6	2	— 4	11 532	10 640	22 172
Emmen	19 510	18 862	38 372	566	584	1 150	105	123	228	671	707	1 378	20 181	19 569	39 750
Enschede	20 487	20 886	41 373	197	169	366	— 237	— 217	— 454	— 40	— 48	— 88	20 447	20 838	41 285
Gouda	12 941	13 432	26 373	115	112	227	— 21	— 15	— 36	94	97	191	13 035	13 529	26 564
's-Gravenhage	160 211	191 868	352 079	1 411	882	2 293	2 644	2 594	5 238	4 055	3 476	7 531	164 266	195 344	359 610
Groningen	41 978	45 616	87 594	426	326	752	328	356	684	754	682	1 436	42 732	46 298	89 030
Haarlem	35 795	39 487	75 282	288	187	475	353	192	545	641	379	1 020	36 436	39 866	76 302
den Helder	15 481	14 380	29 861	199	154	353	— 466	— 368	— 834	— 267	— 214	— 481	15 214	14 166	29 380
Hengelo	12 823	12 408	25 231	98	114	212	76	74	150	174	188	362	12 997	12 596	25 593
's-Hertogenbosch	17 985	19 681	37 666	212	218	430	49	— 78	— 29	261	140	401	18 246	19 821	38 067
Hilversum	17 275	19 471	36 746	219	241	460	202	150	352	421	391	812	17 696	19 862	37 558
Kampen	10 431	10 017	20 448	150	96	246	— 176	— 130	— 306	— 26	— 34	— 60	10 405	9 983	20 388
Kerkrade	15 582	12 025	27 607	251	264	515	531	237	768	782	501	1 283	16 364	12 526	28 890
Leeuwarden	20 114	21 914	42 028	177	179	356	95	145	240	272	324	596	20 386	22 238	42 624
Leiden	29 453	31 660	61 113	338	274	612	— 132	— 185	— 317	206	89	295	29 659	31 749	61 408
Maastricht	19 019	21 922	40 941	222	186	408	— 57	13	— 44	165	199	364	19 184	22 121	41 305
Nijmegen	31 976	34 463	66 439	320	311	631	— 79	— 158	— 237	241	153	394	32 217	34 616	66 833
Rosendaal en Nispen	10 061	10 483	20 544	166	162	328	— 270	— 320	— 590	— 104	— 158	— 262	9 957	10 325	20 282
Rotterdam	245 587	255 698	501 285	2 469	1 885	4 354	949	— 521	428	3 418	1 364	4 782	249 005	257 062	506 067
Schiedam	18 919	19 272	38 191	331	234	565	189	121	310	520	355	875	19 439	19 627	39 066
Tilburg	29 730	30 496	60 226	369	425	794	357	180	537	726	605	1 331	30 456	31 101	61 557
Utrecht	65 862	70 743	136 605	778	639	1 417	205	107	312	983	746	1 729	66 845	71 489	138 334
Venlo	10 897	11 393	22 290	159	120	279	— 806	— 392	—1198	— 647	— 272	— 919	10 250	11 121	21 371
Vlaardingen	12 355	12 304	24 659	204	167	371	— 108	— 36	— 144	96	131	227	12 451	12 435	24 886
Vlissingen	11 039	11 392	22 431	103	88	191	— 161	— 118	— 279	— 58	— 30	— 88	10 981	11 362	22 343
Zaandam	14 292	14 080	28 372	132	153	285	— 161	— 144	— 305	— 29	9	— 20	14 263	14 089	28 352
Zwolle	16 884	17 713	34 597	195	132	327	100	19	119	295	151	446	17 179	17 864	35 043

Bevolking en oppervlak van Java en Madoera.

(Zielental volgens administratieve gegevens op den 31sten December 1917.)

Gewesten	Oppervlak KM²	Bevolking				Dichtheid per KM²
		Europeanen	Vreemde Oosterlingen	Inlanders	Totaal	
Bantam	7 906	502	4 064	873 443	878 009	111
Batavia	11 661	29 228	107 596	2 307 818	2 444 642	210
Preanger Regentsch.	20 429	10 840	20 107	3 327 075	3 358 022	164
Cheribon	6 789	1 794	28 517	1 640 800	1 671 111	246
Pekalongan	5 551	3 345	23 322	2 237 340	2 264 007	408
Semarang	8 193	12 763	40 536	2 739 036	2 792 335	341
Rembang	7 443	1 980	20 599	1 618 123	1 640 702	224
Soerabaya	5 951	20 998	39 700	2 469 146	2 529 814	425
Pasoeroean	8 777	5 779	19 290	2 029 276	2 054 345	234
Besoeki	10 159	2 737	9 183	1 204 056	1 215 976	120
Banjoemas	5 562	2 138	9 282	1 616 270	1 627 690	293
Kedoe	5 458	3 335	17 043	2 693 139	2 713 517	498
Djokjakarta	3 110	4 198	11 372	1 358 598	1 374 168	442
Soerakarta	6 217	3 919	13 997	2 042 954	2 060 870	331
Madioen	5 882	3 173	6 495	1 592 574	1 602 242	273
Kediri	7 007	3 896	15 447	2 132 317	2 151 660	307
Madoera	5 413	805	7 173	1 770 265	1 778 243	328
Samen	131 508	111 430	393 723	33 652 230	34 157 383	260

Bevolking van West-Indië.

volgens de Jaarcijfers voor het Koninkrijk der Nederlanden (1911)

Suriname.

PLAATS	Europeanen	Nederl. Indiërs	Britsch Indiërs	Inboorlingen	Anderen	Totaal
Paramaribo . .	586	214	799	29 818	3 481	34 898
Overig deel der kolonie	278	7 643	19 577	20 324	2 682	50 504
					Samen	85 402

niet inbegrepen de boschnegers ten getale van 5247 en de Indianen ten getale van 4343.

Curaçao en onderhoorigheden.

PLAATS	Bevolking op 31 Dec. 1911 met de manschappen van het garnizoen op Curaçao inbegrepen.
Curaçao	32 846
Aruba	9 616
Bonaire	6 531
St. Martin (Ned. ged.) . . .	2 891
St. Eustatius	1 344
Saba	1 932
Samen . .	55 160

Bevolking en oppervlak der voornaamste gemeenten in Ned.-Indië.

GEMEENTE	BEVOLKING					Totaal	Oppervlak HA
	Europeanen	Chineezen	Arabieren	Inlanders	Anderen		
Batavia (1917)	23 000	32 000		176 000	—	231 000	12 500
Soerabaja (1917)	16 283	22 324	2 980	159 400	?	200 987	10 300
Semarang (1915)	10 863	17 214	668	810 611	856	110 662	
Bandoeng (ult. 1918) . .	7 903	10 000	100	41 393	—	98 003	
Buitenzorg (1915)	2 394	4 318	448	26 214	27	33 401	
Soerakarta (1915)	1 572	6 532	337	109 524	13	118 378	
Djokjakarta (1916) . . .	1 706	4 865	133	76 776	31 Jap.	83 511	
Malang (1916)	115	4 085	442	31 223	—	7 865	
Meester Cornelis (1915) . .	1 700	2 398	63	29 828	—	33 989	
Madioen (1915)	922	1 827	—	20 028	37	22 814	
Padang (1917)	1 800	5 006		24 054	?	30 860	1 100
Medan (1915)	954	6 397	43	3 191	3 665	14 250	
Makasser (1915)	1 059	4 672	141	20 178	95	26 145	
Soekaboemi (1915) . . .	588	2 112	—	12 381	—	15 081	
Cheribon (1915)	499	3 136	1 104	18 696	105	23 540	
Magelang (1915)	723	2 746	125	24 647	—	28 241	
Pasoeroean (1915)	670	2 365	211	25 223	65	28 534	
Palembang (1915)	372	7 304	2 420	50 703	186	60 985	
Bandjermasin (1915) . . .	455	2 581	910	12 684	78	16 708	

Bevolking en oppervlak van groote steden.

Naam	Bevolking	Oppervlak	Dichtheid per HA
London (1913) City	(20 000)	638 acres = 256 HA	(80)
County of London	4 522 961	74 816 Acres = 29930 HA	150
Greater London (omvattende de City, de Counties of London en Middlesex en gedeelten van de Counties of Kent. Surrey Essex en Herts)	7 251 358 (1911)	692½ vierk. mijlen	
Parijs (1911) . . .	2 888 110	7802 HA	365

Bevolking in duizend inwoners.

New-York (1915) met voorsteden	5 603
Londen (1913)	4 522
Parijs (1911)	2 888
Chicago (1916)	2 498
Weenen (1914)	2 150
St. Petersburg (1914)	2 133
Berlijn (1912)	2 071
Tokio (1913)	2 050
Moscou (1915)	1 817
Philadelphia (1916)	1 710
Buenos-Ayres (1916)	1 599
Osaka (1913)	1 396
Calcutta (1911) (met voorsteden)	1 222
Konstantinopel (geschat)	1 200
Rio de Janeiro (1911)	1 129
Glasgow (1915)	1 073
Bombay (1911)	979
Hamburg (1910)	932
Canton	900
Budapest (1910)	882
Birmingham (1914)	860
Hang-Kau (1912)	826
Tienstin (1912)	800
Sydney (1916) (met voorsteden)	765
Liverpool (1914)	763
St. Louis (1916)	757
Boston (1916)	756
Brussel (1911) (met voorsteden)	737
Manchester (1914)	732
Napels (1915)	698
Melbourne (1916) (met voorsteden)	696
Peking (1912)	693
Amsterdam (1919)	647
Bangkok (1909)	629
Kiev (1913)	626
Leipzig (1910)	626
Odessa (1912)	626
München (1910)	608
Madrid (1910)	600

Dichtheid van steden.

De steden van Europa wijzen een dichtheid aan van 100 tot 600 inwoners per HA. Zoo wordt voor Amsterdam buiten de singelgrachten een dichtheid aangenomen van 600 inwoners per HA. 's-Gravenhage heeft een gemiddelde dichtheid van 350 inwoners per HA. Zalt-Bommel 150 inwoners per HA.

Voor uitbreiding zal men liefst niet verder moeten gaan dan 300 inwoners per HA.

In Duitschland rekent men bij

bebouwing met landhuizen	op 150	inwoners	per HA.
„ van landsteden	„ 200	„	„ „
„ volgens moderne stadsuitbreiding	„ 250	„	„ „

Volgens *Dr. J. Müller* te Halle is het percentage der bevolking, dat in stadswijken met een volgens de eerste kolom aangegeven bevolkingsdichtheid woont, voor de drie groote steden *Berlijn, Londen* en *Parijs* (1906) als volgt:

Aantal zielen op 1 HA.	Groot Berlijn	Groot London	Groot Parijs
meer dan 500	11,25	5,20	25,44
200—500	34,91	32,08	40,27
100—200	34,61	21,29	7,89
50—100	6,55	17,62	12,19
10—50	8,70	19,34	11,19
minder dan 10	3,98	4,47	2.31

In *Berlijn* vindt men de grootste dichtheid (1903) van 822 zielen per HA, gemiddeld in de oude stad 265 per HA.

Te *Londen* (1884) grootste 620 per HA en gemiddeld 120 per HA.
Per huis bedroeg het inwonergetal
te Berlijn (1890) 72,9
gemiddeld van 25 Duitsche steden boven 100 000 inw.: 19,9 (in 1890/91)
„ „ alle „ „ van 50—100 000 „ : 18,5 („)

gemiddeld van 24 Engelsche steden boven 100 000 inw.: 5,2
„ „ 34 „ „ van 50—100 000 „ : 5,5
(lagere cijfers wegens het meer voorkomen van één-gezins-woningen.)

te *New-York* (1900) 20

Dichtheid van bewoning.

De dichtheid van bewoning kan men in steden stellen op ongeveer 3 à 6; in Nederland ongeveer 4,5, d. w. z. dat een woning gemiddeld door 4 à 5 personen wordt bewoond. Op het platteland is het dikwijls meer en ongeveer 6 à 7 per woning.

Te *Amsterdam* is bij de volkstelling van Dec. 1899 gebleken, dat er in de voormalige wijken WW., XX, IJIJ, ZZ en ONA stonden 13738 perceelen met 47273 woningen, alzoo ongeveer 3,5 woning per perceel en deze woningen te verdeelen waren als volgt:

2 553	éénkamerwoningen	met 5 804	bewoners	(d.i. 2,27 per woning)
8 034	twee „ „	„ 29 106	„	(„ 3,62 „ „)
13 982	drie „ „	„ 60 322	„	(„ 4,31 „ „)
17 624	vier en vijfkamerwoning.	„ 81 758	„	(„ 4,64 „ „)
3 045	zes en zeven „ „	„ 15 109	„	(„ 4,96 „ „
2 035	acht „ „	„ 11 499	„	(„ 5,65 „ „)
totaal 47 273	woningen	„ 203 598	„	of ongeveer 4.31 per woning.

De *gemiddelde gezinssterkte* was bij de volkstelling van 1899 ongeveer 4,54, bij die van 1909 4,47 en is dalende.

Bepaling der bevolkingstoename.

Neemt de bevolking regelmatig toe met p percent per jaar, dan wordt de tegenwoordige bevolking B na n jaren

$$B_n = B\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

Deze waarde is met behulp van tafel A (zie Renteberekening, pag. 231) te vinden.

Sterfte- en geboortecijfers.

Het sterftecijfer geeft het aantal sterfgevallen op 1000 der bevolking per jaar. Bij opgave per week of per maand geeft zij een aantal per jaar, indien het geheele jaar de sterfte gelijk bleef als in de beschouwde periode.
Voor een goed inzicht en voor vergelijking dient men de sterfte naar verschillende leeftijdsklassen en verschillend geslacht te bepalen. In Nederland zijn de leeftijdsgroepen bij de officieele sterftestatistiek in gebruik 0—1 jaar, 1 t/m 4 jaar, 5 t/m 13, 14 t/m 19, 20 t/m 39, 40 t/m 49, 50 t/m 64, 65 t/m 79 en 80 jaren en daarboven.

De sterfte naar levensjaren in Nederland, berekend op 1000 per levensjaar, is in het tijdvak 1896—1900 geweest (zie Dr. R. H. Saltet, Voordrachten over gezondheidsleer 1913).

0—1-jarigen	167,0	20-jarigen	4,9	60-jarigen	22,4
1 „	39,2	30 „	5,6	70 „	56,2
2 „	14,8	40 „	7,7	80 „	134,1
10 „	2,5	50 „	10,4		

Hieronder volgen de hoofdcijfers van geboorte en sterfte in de groep groote steden en in het geheele rijk volgens de laatste jaren, waarbij de aanzienlijke toeneming der sterfte in het laatste kwartaal van 1918 duidelijk is.

Geboren — Gestorven — per 1000 zielen (de levenloos aangegevenen niet medegerekend)

		Geboren Rijk.	Geboren Groote steden.	Gestorven Rijk.	Gestorven Groote steden.
Jaar	1913	28,20	25,79	12,33	10,90
	1914	28,24	25,73	12,42	11,01
	1915	26,22	23,47	12,47	11,01
	1916	26,53	23,91	12,93	11,67
	1917	26,05	23,00	13,13	11,81
Jan.	1917	25,25	22,93	15,70	13,40
	1918	24,53	21,56	14,03	13,54
Febr.	1917	27,48	25,03	18,99	17,27
	1918	55,85	23,12	13,59	13,51
Maart	1917	25,25	24,89	16,17	15,15
	1918	26,54	22,97	14,84	14,24
April	1917	27,18	22,79	16,20	15,48
	1918	25,75	22,85	13,96	13,70
Mei	1917	26,82	22,93	13,72	12,20
	1918	24,89	21,94	12,55	11,45
Juni	1917	26,10	23,41	12,42	11,49
	1918	24,37	21,68	10,86	10,15
Juli	1917	26,09	23,40	10,93	9,64
	1918	24,68	20,79	11,37	10,29
Aug.	1917	26,23	23,93	10,19	8,62
	1918	25,63	22,02	12,79	13,56
Sept.	1917	26,28	22,38	9,79	8,08
	1918	25,84	21,48	11,17	9,51
Oct.	1917	24,77	21,60	10,79	9,11
	1918	23,63	19,50	20,93	19,15
Nov.	1917	24,58	21,65	10,46	9,87
	1918	23,33	18,64	46,46	30,74
Dec.	1917	23,99	21,15	12,57	12,03
	1918	22,44	19,11	22,01	20,21

Geboorteoverschot.

Het verschil van het geboortecijfer en het sterftecijfer voor een bepaald tijdperk geeft het geboorteoverschot.

Nederland neemt met het sterftecijfer een gunstige plaats in de rij der meer beschaafde volkeren in. Met het cijfer van ongeveer 12 à 13 ‰ was het no. 6 van boven af in 1915; slechts Zweden, Noorwegen, Denemarken, Australië en N.-Zeeland hadden lager cijfer. Het laagste cijfer, dat van N.-Zeeland is ongeveer 8 à 9 ‰, het hoogste, dat van Rusland 26 à 27 ‰.

Sterftecijfer van Nederland in 1871 ± 30‰

1915	12,4 ‰		1919	Maart	17,12 ‰
1918	17,10 „		„	April	16,21 „
1919	Januari	16,48 ‰	„	Mei	13,04 „
„	Februari	21,72 „	„	Juni	10,82 „

Het sterftecijfer van groote Europeesche steden bedraagt tot 40‰ (Petersburg). In het algemeen kan men zeggen, dat, waar het cijfer hooger is dan ongeveer 17‰ de assaineering van het een of ander nog te kort schiet. De dichtheid heeft geen invloed, wel de overbevolking, voornamelijk de opeenhooping van veel menschen in onvoldoende woningen. Zoo had Parijs met een gemiddeld sterftecijfer van 16,9‰ in 1914 een sterfte van tot 18,7‰ in de meest overbevolkte wijken.

In Nederlandsche steden was het cijfer in 1918:

Amsterdam	15,55 ‰
Rotterdam	15,39 „
's-Gravenhage	13,40 „

Bijzonderheden betreffende bouwwerken.

Langste tunnels.

NAAM	BOUW	Hoogte culminatiepunt boven zee in M	Lengte M
Simplon (Zwitserland)	1898—1906	705	19 830
St. Gotthard „	1873—1880	1155	14 990
Lötschbergtunnel „ . . .	1906—1911	1244	14 536
Mont-Cenis (West-Alpen Frankrijk-Italië)	1857—1870	1295	12 233
Arlberg (Tirol, Oostenrijk) . . .	1880—1883	1311	10 270
Ricken (Zwitserland)	in uitvoering	1225	8604
Tauern (Kärnten, Oostenrijk) . .	1901—1909		8550
Giovi-Gallerie (lijn Novi-Genua, Italië)	—1889		8270
Col di Tenda (Piemont, Italië) . .			8100
Karawanken (Kärnten, Oostenrijk) .	1901—1906	638	8016
Greuchenberg	1911— (in uitvoering)	545	8565
Havenstein-basis	1912— („ „)	452	8135
Wochein	1901—1905	534	6334
Mont d'Or	1910—(in bouw)	897	6104
Oude Havenstein	1853—57	558	2496
Jungfrau (Zwitserland)	—1912	3457	7200
Ronco (Italië)	1888		8250

Hoogte van bouwwerken.

Eiffeltoren, (van den grond af)	300 M
Woolworth Building te New York	228 „
Singer „ „ „ „	187 „
Washington gedenkteeken	169 „
Kabeltoren van de Hudsonbrug te New-York	173 „
Nationaal museum te Turijn	164 „
Raadhuis te Philadelphia	163 „
Domkerk te Ulm	161 „

Torens van den Keulschen dom . . . . 156 M
Kathedraal te Rouaan . . . . 151 „
Nicolaaskerk te Hamburg . . . . 147 „
Toren van de domkerk te Straatsburg . . . . 142 „
Pyramide van Cheops (Egypte) . . . . 138 „
Koepel van de St. Pieter te Rome . . . . 138 „
„ „ „ St. Paul te Londen . . . . 111 „
De dom te Milaan . . . . 109 „
De dom te Utrecht . . . . 114 „
Westertoren te Amsterdam . . . . 84 „
Groote kerk te 's-Gravenhage . . . . 95 „
Toren nieuwe Raadhuis te Rotterdam . . . . 68 „
„ „ „ met beeld te Rotterdam . . . . 73 „

Hooge stuwmuren.

(Zie ook Allgem. Bauzeitung 1912 bladz. 58)

NAAM	Inhoud van het stuwbekken in M³	Hoogte in M vanaf fundament	Breedte		Lengte kruin M
			voet M	kruin M	
Remscheid (Wupper) . .	1 000 000	24,6	15		
Fuelbeck	700 000	26	16		
Lister (Ruhr)	22 000 000				
Urft of Gemünd . . . (Urft) zijrivier van de Ruhr 9 375 000 Mk. 375 KM² neerslaggebied .	45 500 000	58	50,5	5,2	228
Marklissa (Silezië) . . .	15 000 000	42,4	37,64		
Weisserits bij Klingenberg in Saksen	15 500 000				
Eder Waldeck) . . . . 1430 KM 20 000 000 Mk.	202 000 000	42	40	8	407
Queisz (Silezië)	15 000 000				
Ennepe	10 300 000	41	32,9		
Kerspe (Wupper) . . .	15 500 000				
Puentes (Spanje) bezweken	52 000 000	50			
Habra (Algiers) bezweken	30 000 000	38	26		
Bouzey (Frankrijk) bezweken	70 000 000	22,7	13,31		510
Austin (Pensylvanië) bezweken	900 000	14	9,15		165
Möhne (Wupper) . . . . 406 KM² neerslaggebied	130 000 000	40	34,2	6	630
Sengbach (Solingen) . .	3 000 000	33,6			
Fuebecke (Ruhr)	2 800 000				
Rötgen-Aachen	8 750 000				
Hermetal bij Meschede (Ruhr)	9 500 000				
Bober (Silezië) 1210 KM neerslaggebied 5 700 000 Mk	50 000 000	60—69	50,3	7,2	280
Croton bij New-York . .		72			
Roosevelt stuw (Saltriver)	1 580 000 000	86,50			
Nijldam bij Assouan . .	2 300 000 000				
Padvinderstuw (Platterivier)	1 350 000 000	58			
Arrowrockdam (bij Boise te Idaho, N.-Am.) neerslaggebied 6757 KM², kosten 5 mill. dollars	2 76 000 000	106,2	132,7	4,9	335
Stuwdam waterkrachtcentrale Noguera Pallaresa-rivier, N.-Spanje	200 000 000	84			203

Snelheden.

De snelheid wordt veelal uitgedrukt in KM per uur (V) of in M per seconde (v) en tusschen beide bestaat het verband

$$V = 3,6\ v.$$

	Meters per sec.	Kilometers per uur.
Geluid in dampkringslucht bij 10° C.	337,8	
bij t° C. $331,76 \sqrt{1 + 0,003\,668\,t}$		
Vermeerdering of vermindering voor 1°C . . .	0,626	
„ „ „ bij gewonen wind	10	
„ „ „ bij hevigen storm	30	
Snelheid in het water bij 8,1°C.	1435	
Echo is merkbaar, als 0,1 sec. verloopt tusschen den toon en de terugkaatsing, alzoo afstand der terugkaatsing minstens 16,85 M.		
Licht in het luchtledige (gemiddelde van verschillende waarnemingen)	299 848 KM	
„ in de lucht ± 90 KM geringer.		
Electriciteit in koperdraad	450 000 „	
„ „ ijzerdraad	240 000 „	
„ „ tefegraafdraad	11 690 „	
Aarde om de zon	30 800 „	
Aardoppervlak in den equator om de as	464	
Orkaan	39—45	
Adelaar	31	
Sneltreinen in vollen gang	25—28	tot 125
„ gemiddeld		75—100
Treinen (volgens de Nederl. wettelijke voorschriften):		
Personentreinen		max. 90
Goederen- en veetreinen, voor losse tender-locomotieven en voor losse locomotieven met tender met den schoorsteen voorop		„ 60
Treinen, samengesteld uit locaalspoorwegmaterieel, en gemengde treinen		„ 50
Werktreinen en treinen, gereden met tender voorop of voor die, welke getrokken en geduwd worden . .		„ 45
Treinen, die alleen geduwd worden en hulptreinen, die niet zijn aangekondigd		„ 30
Treinen, samengesteld uit trammaterieel		„ 20
Goederentreinen	12—13	40—60
Mailbooten		30—45
Vrachtbooten	5	
Pantserkruisers 25—30 mijlen (een zeemijl = 1852 M)		
Torpedojagers 37 mijlen		68,5
Automobiel	21—25	tot 60
Vliegmachine	80—200	tot 250
Luchtschepen	22—56	tot 150
Onderzeebooten maximum boven water 20 mijlen .		37
„ „ onder „ 6 „		10—11
Paard stapvoets	1,1	
Rijpaard in draf	2,1	14—16
„ „ galop	4,5	

	Meters per sec.	Kilometers per uur.
Renpaard galop	25	
„ draf	10—12	
Hazenwindhond	21	
Postduif	20	
Haas	6,5	
Fiets (gewone wielrijder)	4—5	14—15
„ (wielrenners)	10—17	30—40
Kameel	4,5	
Infanterist bij 0,76 M schrede	1,147	
idem looppas	1,85	
Voetganger	1,3—1,4	4,5—5
„ (hardlooper)	3—5	10—13,8
Zwemmer	1—1,2	3—4
volgens proeven te Scheveningen 1908: Driewieler voor invalide	2	(16,439)
Urbaine	5,4	(19,459)
Victoria équipage met één paard	4,6	(16,514)
„ „ „ twee paarden } hard	6	(21,818)
Landauer „ „ „ } hard	5,5	(19,890)
Américaine	7,1	(25,623)
Dogcart	6,6	(23,841)
Sulkey	9,2	(33,028)
Vleeschhouwersbestelwagen	4,8	(17,393)
Vrachtwagen van Gend en Loos	3,6	(13,018)
Bestel-Driewieler		(20,112)
Verhuiswagen met twee paarden	3	(10,811)
Hondenkar met 3 honden	5,2	(18,799)
Boerendisselwagen	4,6	(16,439)
Veldgeschut	400—450	
Kustbatterij	600—620	
Infanteriegeweer	600—880	
Steenworp met krachtige hand	10	

Recordsnelheden.

Afstand	Tijd	KM/uur	Winner	Datum
Wielrijden.				
50 KM	39m35s2/5		Serès (Parijs)	30 Maart 1913
100 KM baan	1u20m46s2/5		Guignard	15 Juni 1913
idem weg	1u40m56s4/5		Lapize	1 Juni 1913
150 KM	2u 7m24s		Serès	7 Juli 1913
Bordeaux-Parijs=592 KM	19u19m20s		Mottiat	18 Mei 1913
4467 KM 580 M	6 dagen = 144u		Goulet-Fagler	15-20 Jan.1913
Parijs-Brussel = 440 KM	15u11m57s3/5		Lapize	8 Juni 1913
101 KM met motorgangmaking	1 uur		Guignard	1909
Motorfietsen.				
334 KM 800	4 uur			
426 „ 190	5 uur		Hassvelt }	15 Nov. 1911
514 „ 600	6 uur		Triumph }	15 Nov. 1911
Circuit de Melun = 204 KM 400	3u24m21s1/5		Dubost (René Gillet)	10 Dec. 1911
144 KM 413	1 uur		Fred. Huyck	1909

Afstand	Tijd	KM/uur	Winner	Datum
Automobielen.				
Circuit de Dieppe = 1540 KM	13u58m 2s3/5	110,700	Boillot(Peugeot)	26 Juni 1912
Circuit de Sarthe	7u 6m30s	91,265	Hémery (Fidt)	23 Juli 1911
134 KM 40	1 uur		Bernin	1908
770 KM	1 dag	111,107		1908
Hoogst bereikte snelheid (Benz-wagen)		204		
Motorbooten.				
1 mijl (= 1852 M)	1m 8s	98	Werkplaats Fred. d'Akron New-York	11 Mei 1912
50 KM	53m56s		Quatre (Prix de la Côte d'Azur Monaco)	1—15 April 1912
200 KM	3u32m39s		„Mais je vais piquer" te Monaco	1—15 April 1912
Treinen.				
Trein (electrische proefbaan Berlin-Zossen)		208		
Luchtschepen.				
750 KM (Friederichs-haven—Hamburg)	10 uur	75	Zeppelin 3	1 Juni 1912
2200 KM	46 uur	47,8	Bienaise(7e GordonBen-net-beker met ballon	30 Oct. 1912
2000 KM (Paris—Skolowska)	30 uur		E. Dubonnet en P. Dumont met ballon Condor	9 Jan. 1912
2400 KM van Mothe—Breuil naar Kharkof (Rusland)	41 uur	58,5	Rumpelmeyer en Mevr. Goldschmiedt met ballon	21 Maart 1913
670 KM (Parijs-Marschapel bij Hull)	24u 30m	27,4	Alfred Leblanc en Mej. Julienne Marchall (9e Grand Prix de l'Aéroclub de France)	15 Juni 1912
Vliegmachines.				
200 KM	1u36m43s		Helen Newport	1 Mei 1912
1101 KM 877	15u40m57s		Prijs Deutsch Garros met Blériotmachine	16 Juni 1912
124 KM 385	1 uur		Legagneux met passagier	5 Juli 1912
100 KM 150 „	44m56s1/5 1u 7m19s	}	André Trey (met mon. Henriot)	10 Juli 1912
200 KM	1u10m56s		Vedrines (mon. Deperdussin)	9 Sept. 1912
988 KM	13 uur		4e Gordon Bennet-beker Fourny	12 Sept. 1912
420 KM (Lyon—Parijs)	3u10m		Gilbert (mon. Morane-Saulnier)	28 Maart 1913

Afstand	Tijd	KM/uur	Winner	Datum
Vliegmachines.				
420 KM (Reims—Tournay—Luik	2u40m		Crombez	28 Maart 1913
600 KM	5u52m38s		Gilbert (mon. Morane-Saulnier)	30 Dec. 1912
240 KM (Doeberitz—Hamburg)	2u10m	110	Barend met een passagier (fabr. Tavee)	1912
1050 KM (Turijn—Londen)	7u12m	145	Off. Lauresti met mecanicien	1917
		252	Lebau Op Marçay (300 PK Hispano Suiza)	1919
Gewone schaatsen.				
32 KM 370	1 uur		de Koning	1906
Rolschaatsen.				
26 KM 430	1 uur		Hal Beste	1902
Hardloopen.				
18 KM 878	1 uur		Watkins	1899
100 M	10,8 sec.		Olymp. spelen Stockholm	1912
200 „	21,6 „		Olymp. spelen St. Louis	1904
400 „	4,82 „		Olymp. spelen. Stockholm	1912
800 „	1m51,9s		Olymp. spelen Stockholm	„
1500 „	3m56,8s		Olymp. spelen Stockholm	„
42 „ (Marathonloop)	2u36m54,4s		Olymp. spelen Stockholm	„
100 yard (91,4 M)		34,27		
1 mijl (1609) M		22,85		
Wandelen.				
13 KM 275	1 uur		Larner	1905
13 „ 151	1 uur		J. Meagher	1882
Zwemmen.				
3 KM 431	1 uur		G. Read	1882
{ 400 M	5m32s2/5		Fahr(Cannstatt)	
{ 100 M (rugzwemmen)	1m19s2/5		(zwemfeest te Straatsburg)	1911
100 M	1m10s1/5		Gendich (Parijs)	16 Juni 1912
1 mijl (1609 M)	26m 2s2/5		Estrade	22 „ 1912
3 KM 220	1 uur		Belot	18 Aug. 1912
400 M	5m21s3/5		Hatfield	27 Sept. 1912
1000 M (in zee)	15m43s		Pernod	18 Aug. 1912
33,8 KM		± 1,6		
Draven.				
33 KM 60	1 uur		Mac. Coven	1865
1 KM	1m26s9/10		snelste tijd op de baan te Vincennes	1912

Bijzonderheden betreffende zwaar geschut en schiettuig.

Zwaar geschut in den Europeeschen oorlog gebezigd.

Duitsch zwaar geschut van 38,1 cM (berekend door De Sparre) bij 15° luchttemperatuur en 750 mM luchtdruk
projectielgewicht 760 KG
aanvangsnelheid 940 KM
schootsafstand bij 45° elevatie (bij gelijkblijvende luchtdichtheid 26 KM, eindsnelheid 344 M sec.) in werkelijkheid 38,427 KM met 433 M snelheid en hoek van 58°
hoogste punt der baan 12 171 M op 21,098 KM van het beginpunt met snelheid aldaar van 386 M.

Idem van 40,64 cM (berekend door De Sparre) bij 15° luchttemperatuur en 750 mM luchtdruk:
projectielgewicht 920 KG
aanvangsnelheid 940 M
schootsafstand bij 45° elevatie 40,291 KM met 451 M en inslaghoek van 58°
hoogste punt der baan 12 521 M op 21,835 KM met 396 M snelheid aldaar.

Bij 28° C luchttemperatuur en 740 mM luchtdruk zijn voor beide soorten geschut de banen vrijwel dezelfde, alleen wordt voor het eerstgenoemde geschut de schootsafstand grooter.

Duitsch verdragend kanon van 24 cM, lengte ± 20 M (volgens Gen. Rohne)
projectielgewicht 250 KG
Schootsafstand 120 KM, culminatiehoogte 30 KM
aanvangssnelheid ruim 1500 M

	Infanteriegeweer	Veldkanon
looplengte	0,8 M	2 M
kogelgewicht	10 gram	6,5 KG
snelheid aan den mond	900 M/sec.	600 M/sec.
hoeveelheid van beweging	413 MKG	119300 MKG
gemidd. drijfkracht	516 KG	59700 KG
gemiddelde druk bij kaliber van		
	0,79 cM met doorsnede van 0,49 cM² 1053 KG/cM²	7,5 cM met 44,2 cM² 1350 KG/cM²
gemiddelde looptijd in het geweer	$\frac{2}{1125}$ sec.	$\frac{1}{156}$ sec.
gemiddeld vermogen	3100 PK	238000 PK.

Meteorologische gegevens.

Litteratuur.

Meteorologische Jaarboeken, uitgegeven door het Kon. Meteorologische Instituut te De Bilthoven.
J. v. Hann Handbuch der Klimatologie 3e druk
A Elink Sterk. Over regen, verdamping en kwel in den Haarlemmermeerpolder Tijdschr. K. I. v. I. 1897—'98; Tweede afl. bldz. 63.
E. Risler. Recherches sur l'évaporation du sol et des plantes, Genève, Ramboz et Schuchardt 1879;
Dr. Ch. M. A. Hartman, c. i. Frequenties van windsnelheden. Tijdschrift Hemel en Dampkring. 1908—1909, bldz. 162 en 181;
Dr.L.Steenhuis. Handboek der Meteorologie. P. Noordhoff, Groningen 1886, f 2.25.
Trabert. Meteorologie und Klimatologie.
Davis. Elementary Meteorology.
Fischli. Aeronautische Meteorologie, Berlijn 1913.

Zonnestraling.

De intensiteit der straling wordt beïnvloed door de atmosfeer en neemt met de hoogte toe. De stralen van geringe golflengte, zooals de violette en ultraviolette, bezitten hoofdzakelijk chemische activiteit, waaraan het diffuse hemellicht bijzonder rijk is.

De hoeveelheid warmte, welke aan de grens van de atmosfeer per minuut aan een kwadraatcentimeter wordt toegevoerd of de „Solarconstante" bedraagt volgens Langley 3,07 gramcalorie.

De intensiteit van de zonnestraling wordt gemeten met een *aktinometer*. In zijn eenvoudigsten vorm bestaat deze uit een thermometer, waarvan de bol zwart gemaakt en in een luchtledigen glazen bol is ingesmolten.

De verbeterde constructie van Angström bestaat uit twee zwart gemaakte dunne platinaplaatjes, waarvan de middens aan de rugzijde door een draad zijn verbonden en welke alzoo een thermo-element vormen. Afwisselend kan nu elk plaatje door de zon beschenen worden. Door het onbeschenen plaatje wordt een electrische stroom gevoerd, waarvan de intensiteit bekend is. Is de verwarming van het plaatje door den electrischen stroom evengroot als die van het andere plaatje door de zon, dan gaat geen thermostroom door de beide plaatjes, hetgeen men aan een galvanometer zien kan. Door de bekende intensiteit van den electrischen stroom is nu ook de hoeveelheid warmte bepaald, die wordt toegevoerd.

Waarnemingen te Montpellier.

Maand	Lengte van den dag in uur	Zonneschijn %	Intensiteit in calorieën per uur	Warmtehoeveelheid per dag toegevoerd calorieën.
Januari . . .	9,5	41	1,04	82
Februari . . .	10,5	47	1,06	127
Maart	12,0	48	1.09	184
April	13,2	46	**1,16**	229
Mei	14,7	53	1.15	296
Juni	**15,4**	56	1,09	311
Juli	15,0	62	1,10	**325**
Augustus . . .	14,0	**67**	1,06	295
September . . .	12,6	54	1,05	225
October . . .	11,0	48	1,03	135
November . . .	9,8	38	1,04	90
December . . .	9,0	36	0,97	61

Totaal per jaar toegevoerde warmte per cM^2 ongeveer 72 000 calorieën.
Deze jaarhoeveelheid bedraagt te Weenen: 52 000
Stockholm 55 000
Kief 61 000
Spitsbergen 17 000

Het deel der zonnestralen, dat alleen door de atmosfeer wordt doorgelaten of de transmissiecoëfficiënt bedraagt bij volmaakt helderen hemel ongeveer 0,60.

Een deel der zonnestralen wordt door de aardoppervlakte gereflecteerd en treedt in de atmosfeer terug; een groot deel der warmtestralen dringt echter in het aardoppervlak en wordt daarin verzameld. Dit geeft de warmte weder aan de lucht door onzichtbare straling af.

Bij groote wateroppervlakten wordt het grootste deel der warmte voor verdamping gebezigd, alleen een breukdeel verwarmt het water. Wordt de lucht koeler, dan straalt het wateroppervlak weder warmte uit, maar veel minder en langzamer dan het aardoppervlak, zoodat het meer als warmteregulator werkt.

De duur der directe zonnebestraling is grooter, hoe dichter men bij den equator komt, terwijl de invalshoek ook grooter wordt. De intensiteit der zonnestraling neemt, doordat zich een stralenbundel, in schuine richting vallende, over grooter oppervlak verdeelt, toe in verhouding tot den sinus der zonnehoogte. Hoe langer de weg door de atmosfeer is en dit is bij geringe zonnehoogte, hoe meer aan warmte geabsorbeerd wordt en hoe kleiner de transmissiecoëfficiënt. Ook is dit van invloed op de chemisch werkzame stralen, waarvan het aantal vermindert, naarmate de zonnehoogte afneemt.

Temperatuur der lucht.

Voor temperatuurbepaling maakt men gebruik van den kwikzilver-thermometer met Celsiusverdeeling en wel vervaardigd van Jena-glas. Bij de zelfregistreerende thermometers (thermographen) wordt gebruik gemaakt van alcohol. De thermometer wordt minstens 2 M boven den grond opgesteld en tegen zon en regen beschut. Het best plaatst men hem in een aspiratie-psychrometer, volgens Aszmann, waarmede zoowel in de zon als in de schaduw dezelfde temperatuur wordt waargenomen.

Gedurende elken dag heeft een zekere temperatuurswisseling plaats, afhankelijk van het jaargetijde en het weder. De temperatuur is in het algemeen het laagst tusschen 4 en 8 uur 's morgens en het hoogst tusschen 2 en 4 uur 's middags. Het verschil tusschen hoogste en laagste temperatuur op een dag of de „amplitude" hangt ook van de ligging van de plaats af. Het is het grootst op het vasteland, vooral in nauwe dalen, en klein op den Oceaan en op hooge bergen. Het eerste is het gevolg van de verwarming van den bodem, terwijl boven den Oceaan en de bergen alleen verschil plaats vindt ten gevolge van de absorptie der zonnewarmte. Boven de 1000 M hoogte zal men slechts dagelijksche temperatuurswisselingen van ongeveer 1° C. kunnen verwachten.

Waar geen thermograaf voorhanden is, kan men de gemiddelde dagtemperatuur bepalen uit drie waarnemingen per dag en wel het best uit een der volgende combinaties:

7 u. 's morgens, 2 u. 's namiddags, 9 u. 's avonds.
of 7 u. „ 1 u. „ 9 u. „
6 u. „ 1 u. „ 10 u. „

De temperatuurswisseling in het jaar hangt van de zonnehoogte en de daglengte af. Verder is de ligging op het water of het vaste land van invloed, het water behoudt de warmte langer en wordt ook moeilijker verwarmd, zoodat de temperatuur aldaar in den zomer lager en in den winter hooger is dan op het vasteland.

De temperatuur neemt tevens met de hoogte af, gemiddeld (ook in de tropen) ongeveer een halven graad per 100 M.

Deze afname is sterker in den namiddag, geringer in den nacht, het grootst in de maanden Mei of Juni en het kleinst in December of Januari. Onmiddellijk boven den grond tot een hoogte van eenige honderden meters neemt de temperatuur 's nachts en in den winter toe met de hoogte.

Waarneminge n in Nederland (Bilthoven).

MAANDEN	Maandgemiddelden uit waarnemingen te 8 uur v.m. en 2 en 7 n.m.			Absoluut	
	Gemidd.	Hoogste	Laagste	Hoogste	Laagste
Januari . . .	1,7	5,6	— 3,5	13,0	— 20,7
Februari . . .	2,8	6,5	— 5,3	18,5	— 17,7
Maart	5,0	8,1	0,6	21,4	— 12,9
April	9,3	12,5	6,5	26,4	— 5,1
Mei	13,3	17,4	10,6	31,7	— 2,9
Juni	16,7	20,4	14,2	33,9	2,5
Juli	18,4*	21,8	15,4	34,4*	3,2
Augustus . . .	17,8	21,1	15,7	34,4	4,1
September .	15,0	17,9	12,7	30,8	— 0,8
October . . .	10,1	12,5	7,0	24,8	— 4,7
November . .	5,3	9,5	1,2	19,3	— 10,6
December . . .	2,5	7,1	— 4,6	14,1	— 20,0
JAAR	9,8	11,0	8,4	34,4	— 20,7

* In Juli 1911 was het maandgemiddelde 21 met 36° als hoogste temperatuur op 28 Juli.

Vorst.

Volgens de maandelijksche overzichten van het Kon. Meteorologisch Instituut te Bilthoven was de dagelijksche temperatuur *steeds* beneden of gelijk 0° C. en *gemiddeld* beneden of gelijk 0° C. gedurende het volgend aantal dagen:

Jaar:	Januari		Februari		Maart		April		October		Nov.		Dec.		
	steeds	gemidd	steeds	gemidd.	steeds	gemidd.	steeds	gemidd.	steeds	gemidd.	steeds	gemidd.	steeds	gemidd.	
1907	3	9	5	10	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	dagen
1908	11	13	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	5	9	„
1909	2	11	2	13	1	11	0	0	0	0	0	3	0	5	„
1910	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	„
1911	2	9	1	4	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	„
1912	4	9	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	„
Jaar gemidd.	4	9	2	6	0	2	0	0	0	0	0	3	2	4	„

Waarnemingen in Ned.-Indië.

De bewolking en de regenval bepalen veel meer dan de zonnestand de temperatuur van de lucht.

Wel wijzen de gemiddelde luchttemperaturen twee maxima en twee minima, overeenkomende met de twee zenith-standen en de twee grootste zeniths-afstanden van de zon in het jaar, maar het verschil is gering. Een maximum waarde van 33—36° kan evenals te Batavia voor alle kustplaatsen worden aangenomen. De hoogte boven de zee oefent op de maximum en minimum temperaturen een betrekkelijk geringen invloed uit. Van West- naar Oost-Java neemt de temperatuur over het algemeen eenigszins toe evenals de bewolking in denzelfden zin afneemt.

Evenals voor bijna alle streken beneden 60° breedte kan de afneming van de gemiddelde temperatuur met de hoogte boven de zee op 0,57°C. per 100 M gesteld worden, zoodat de sneeuwgrens op 4650 M zou liggen.

Waarnemingen te Weltevreden.

(Observatorium Parapattan) gedurende de jaren 1866—1900.

Gemiddelde jaar-temperatuur . . . . 26°,00 C.
„ dagelijksche schommeling . . . . 6°,58 „
Hoogste waargenomen temperatuur 6 Nov. 1877 1 u. 's nam. . . . . . 35°,6 „
Laagste „ „ 9 Sept. 1877 6 u. 's morg. . . 18°,9 „
Hoogste dagelijksche gemidd. temperatuur 14 Nov. 1896 . . . . 28°,9 „
Laagste „ „ 27 Aug. 1883 . . . . . 22°,53 „
Grootste „ schommeling 26 Sept. 1877 . . . . . 13°,5 „
Kleinste „ „ 14 Febr. 1868, 3 Juni 1869
13 „ 1881, 3 Febr. 1885
en 13 Nov. 1893 . . . . 1°,3 „

Suriname.

	8 vm.	2 nm.	6 nm.	Max.	Min.
Januari	24,3	29,1	26,0	30,3	21,5
Februari	23,8	27,9	25,9	29,4	22,2
Maart	24,9	28,7	26,2	29,3	22,8
April	25,1	28,3	26,1	29,5	22,8
Mei	25,1	28,2	26,2	29,3	23,2
Juni	24,6	28,5	25,5	29,8	22,8
Juli	24,9	29,4	26,6	30,5	22,8
Augustus. . . .	25,4	30,4	26,7	31,5	23,1
September . . .	26,4	32,7	28,2	33,2	23,9
October	26,1	31,7	27,3	32,8	22,8
November	25,5	28,9	26,2	31,1	22,4
December	24,6	28,4	25,9	30,3	22,4

Temperatuur op verschillende plaatsen van de aarde.

PLAATS.	Temperatuur in graden Celsius.				
	Maand v. het jaar	Minimum	Maand v. het jaar	Maximum	Gemiddeld in het jaar
Azië.					
Calcutta	1	18,4	5	29,5	25,4
Bombay	1	22,8	5	29,3	26,4
Singapore. . . .	1	25,8	5	27,7	26,8
Batavia	1	25,3	5	26,4	25,9
Buitenzorg . . .	2	25,5	9	25,5	25,0
Honolulu . . .	1	20,9	8	25,3	23,3
Afrika.					
Khartoem (Soudan)	1	21,3	6	33,1	28,5
Aden (Yemen) . .	1	24,4	6	31,1	27,3
Zanzibar	7	24,6	3	27,8	26,3
St. Helena	8	18,3	3	24	21,3
Brazzaville (Congo) .	7	22,4	2	27,7	25,7
Amerika.					
Mexico	12	12,0	5	18,1	15,4
Guatemala	1	16,7	5	20,3	18,6
Caracas	1	20,3	5	23,3	21,8
Paramaribo . . .	1	25,1	9	27,1	25,9
Rio Janeiro . . .	7	19,7	2	25,1	22,3
Nova Zembla . . .	1	—21,5	7	5,7	—6,6

PLAATS.	Gemiddelde temperatuur in		
	Januari	Juli	het jaar
Europa.			
Berlijn	0,1	19 0	9,1
München	—2,6	17 1	7,2
Weenen	—1,2	20,4	9,7
Kopenhagen . . .	—0,1	16,4	7,5
Brussel	2,0	18	9,9
Parijs	2,2	18,1	9,9
Madrid	4,9	24,5	13,5
Londen	3,5	17,9	10,3
Edinburg	3,0	14,6	8,2
Rome	6,7	24,8	15,3
Moscou	—11	18,9	3,9

Temperatuur der hoogere luchtlagen.

Men kan de atmosfeer verdeelen in verschillende lagen en wel volgens Berson:

1. Een onderste storingslaag, waarin duidelijk de dagelijksche temperatuursgang is waar te nemen nl. van 0 tot ongeveer 1000 M hoogte.
2. De condensatiezone met vertikale luchtbeweging van 1200 à 1500 M tot 4000 M.
3. De eigenlijke storingslaag, waarin zich vochtige en droge, warme en koude lucht dooreenmengt. Voor deze laag wordt een hoogte van 1500 tot 4000 M opgegeven.
4. De bovenste zone der vertikale luchtbeweging, liggende boven de 4000 M, waarin de thermometer snel daalt en de vochtigheid daarentegen weinig verandert.

Boven deze laag ligt dan een zone, waarin de temperatuur weder toeneemt.

In de vrije atmosfeer van West- en Midden Europa is de gemiddelde temperatuurafname in de benedenste lagen niet meer dan 0,5° C. per 100 M, hooger op tusschen 5 en 9 KM wordt de daling 0,7° C. per 100 M om daarboven langzaam af te nemen.

Teisserenc-de-Boil vond uit 141 opstijgingen:

op 10 000 M	— 50,1°
11 000 „	— 54,0
12 000 „	— 55,2
13 000 „	— 54,4
14 000 „	— 54,1

Schubert vond voor Berlijn:

op 20 M hoogte	8,6°
500 „	6,8°
1000 „	4,7
2000 „	0,0
3000 „	— 5,1
4000 „	— 10,7
6000 „	— 23,2
10 000 „	— 51,6

Te Batavia werd door Dr. van Bemmelen de hoogte van de stratosfeer *) en de temperatuur daarin gevonden:

voor December—Mei gemidd. hoogte 17 260 M temperatuur —88,°1 C.
„ Juni—October „ „ 16 680 M „ —81,°7 C.

Temperatuur van den bodem.

De bodem neemt het grootste deel der warmtestralen van de zon op.

Rotsgrond absorbeert de warmte sterk en straalt haar evenzoo weder uit; droge aarde geeft de verzamelde warmte evenzoo weder af, terwijl bij vochtigen grond de opgenomen warmte grootendeels voor verdamping wordt gebezigd.

Droge grond heeft dan ook met enkele uitzonderingen steeds een hoogere temperatuur dan de onmiddellijk daarboven liggende luchtlaag, alleen in de koelste nachturen is de bodemtemperatuur ongeveer gelijk en zelden beneden die der lucht.

---

*) Stratosfeer is de gelaagde atmosfeer in tegenstelling met de troposfeer. De grens ligt daar. waar geen stijgende en dalende luchtstroomen meer mogelijk zijn, dat is boven de laag, waar de druk een kwart atmosfeer bedraagt op 10—11 KM hoogte.

Waarnemingen op het astronomisch station te Rosenthal bij Breslau van 1901 tot 1910.

De temperatuur van de lucht op 2 centimeter van den bodem is gemiddeld een halve graad lager dan op 1,50 à 2 M hoogte. Alleen in Mei en Juni is het bij den bodem warmer.

Zoo geven, tengevolge van de nachtelijke afkoeling door uitstraling de temperatuur-minima een gemiddeld jaarlijksch verschil van een halven graad en van 3/4 graad voor de maandgemiddelden van Januari tot April.

Behalve in de maand Juli is de oppervlakte van den bodem altijd in den morgen koeler dan de atmosfeer. Op enkele dagen, wanneer de bodem vochtig is of met gras begroeid, kan het verschil tot 6 graden bedragen.

Omgekeerd zijn de maxima temperaturen op 2 cM van de oppervlakte hooger dan in de atmosfeer. Het verschil bedraagt als jaarlijksch gemiddelde 2°,7 en is in de maanden Mei, Juni en Juli het grootst (ongeveer 7°).

De temperatuur der lucht in de gewassen geeft geen groote verschillen; de planten werken eenigszins reguleerend.

Temperatuur gedurende de 5 maanden Juni—October	Gemiddelde der minima	Gemiddelde der maxima
lucht	9°,8	20°,4
vrije bodem	9°,6	24°,8
cultures	10°,3	23°,4

Temperatuur bij en van den bodem op verschillende diepten.

Van de Lucht.	Gemiddelde in het jaar	Gemiddelde in den zomer
absoluut gemiddelde	8°,50	15°,16
op 1,50 M of 2 M hoogte te 8 uur . .	7°,70	14°,47
in de planten om 8 uur	„	14°,10
ter hoogte van den kalen bodem te 8 uur	7°,17	13°,95

Van den Bodem.	Gemiddelde in het jaar	Gemiddelde in den zomer
ter diepte van 0,20 M	8°,70	15°,18
„ „ „ 0,40 „	9°,19	15°,51
„ „ „ 0,70 „	9°,33	15°,12
„ „ „ 1,— „	9°,23	14°,40
„ „ „ 1 30 „	9°,29	13°,82

De temperatuurkrommen der lucht kruisen die van den bodem in de maanden Maart, April en Augustus, September; dus tegen het tijdperk der equinoxen.

De gemiddelde zomertemperaturen zijn in de lucht gelijk aan die in den bodem op 0,20 M diepte. In het algemeen is de bodem ongeveer 1° warmer dan de lucht.

De maximum maandelijksche temperatuur op 0,20 en 0,40 M diepte was 20 graden in Juli 1901, terwijl het gemiddelde der maxima aan de oppervlakte 42° bereikte Gedurende de maand Januari is het gemiddelde niet onder de — 2° geweest.

Over de 10 jaren waren de verschillen als volgt:

	Maandelijksch gemiddelde der				
	Minima	maand	Maxima	maand	Verschil
lucht op 1,50 hoogte . . .	— 1°,2	Januari	18°,1	Juli	19°,3
„ op kalen bodem . . .	— 3°,45	„	17°,9	„	21°,3
bodem op 0,20 M diepte .	0°,2	„	18°,0	„	17°,8
„ „ 0,40 „ „ . .	1°,0	Februari	18°,0	„	17°,0
„ „ 1,00 „ „ . .	2°,7	„	16°,1	Augustus	13°,4
„ „ 1,30 „ „ . .	3°,5	„	15°,3	„	11°,8

Een laag van 0,20 à 0,30 M beschut dus reeds aanmerkelijk tegen vorst.

Luchtdrukking.

De luchtdrukking wordt bepaald met den kwikbarometer, welke voor de nauwkeurigheid wordt gecorrigeerd op de temperatuur en de zwaartekracht bij 45° breedte. De barometers, welke berusten op de elasticiteit van een luchtledige metaaldoos, zooals de aneroïdbarometers (de beste is die van Naudet te Parijs) en de zelfregistreerende barometer van Richard staan in nauwkeurigheid hij den kwikbarometer achter. Men kan den luchtdruk ook bepalen uit het kookpunt van het water, dat afwisselt bij verschillenden luchtdruk. Met zoogenaamde kookthermometers zijn vrij nauwkeurige waarnemingen te verkrijgen.

De luchtdruk neemt met de hoogte boven zee af. Op een hoogte van 64 KM bedraagt de druk slechts ongeveer 0,05 mM, welke practisch als de grens der atmosfeer kan worden aangenomen. Uit verschillende verschijnselen kan men besluiten, dat de atmosfeer zich evenwel nog tot 300 KM hoogte uitstrekt (zie ook bldz. 44).

In den zomer heeft het vaste land een lagen en de zee een hoogen luchtdruk; in den winter is het juist omgekeerd. Gaat men den gemiddelden luchtdruk over de aarde na, dan vindt men een gordel van lagen druk aan den equator; op 35° breedte, zoowel op het Noordelijk als op het Zuidelijk halfrond, een gordel van hoogen druk. Deze druk neemt tot den 60en breedtegraad af om dan weder toe te nemen.

Behalve in de tropen, waar de barometer een vrij regelmatigen gang vertoont, zijn de schommelingen in den luchtdruk van dag tot dag in het algemeen sterk. Iederen dag vertoont de barometerdruk evenwel een zich herhalende schommeling in den vorm van een dubbele golf met een grootste minimum omstreeks 3 u. 's namiddags, een minder diep minimum omstreeks 3 uur 's nachts en met de beide maxima omstreeks 9 u 's avonds en 9 u 's morgens.

Over de geheele aarde wordt de gang van den luchtdruk door een dergelijke dubbele golf gekenmerkt, waarbij zoowel het geheel, als de grootste der twee golven, een zekere regelmaat vertoont. Haar amplitude neemt verder regelmatig met de breedte en met de hoogte boven zee af; de maxima vallen bijna overal ongeveer op 9 u 40 's voormiddags en 's avonds.

Onregelmatigheden in den gang van de golf zelf moeten aan den invloed van de dagelijksche temperatuursschommelingworden toegeschreven. Op hooge bergen is het minimum bij nacht aanmerkelijk lager, terwijl van het namiddagminimum niets meer te bespeuren valt en dit vervangen is door het aanmerkelijk verlate voormiddagminimum. De oorzaak hiervan ligt in de verwarming der lucht met daarmede gepaard gaande drukvermeerdering.

Een bepaalde jaarlijksche gang van den luchtdruk wordt in Europa niet opgemerkt. Op de bergen heeft men weder tengevolge der temperatuursverschillen een hoogen druk in den zomer en een lagen druk in den winter.

Waarnemingen in Nederland.

aan het Kon. Meteorologisch Instituut te Bilthoven over de jaren 1849—1907:

Luchtdrukking op het niveau der zee herleid:

Gemiddelde stand van den barometer	760,9 mM
Hoogst waargenomen stand	786,0 „
Laagst „ „	722,7 „

Waarnemingen in Ned.-Indië.

Waarnemingen gedaan te Weltevreden (Observatorium Parapattan) gedurende de jaren 1866—1900.

Luchtdruk.

Gemiddelde stand van den barometer			758,74	mM
Grootste waargenomen stand . . .	22 Jan.	1885	764,41	„
Kleinste „ „ . . .	19 Febr.	1870	753,—	„
Grootste dagelijksche gemiddelde stand	22 Jan.	1885	762,70	„
Kleinste „ „ „ .	19 Febr.	1898	754,28	„
Grootste , schommeling . .	27 Aug.	1883	5,56	„
Kleinste „ „ . .	29 Mei	1889	1,40	,

Neerslag.

Onder neerslag verstaat men de verschillende vormen, waaronder het water zich uit den dampkring afscheidt: Zij hebben hun internationaal aangenomen teekens. (Zie onder „Teekens en algemeene aanduidingen”.)

Onder *lossen hagel* wordt verstaan een neerslag uit ondoorzichtige korrels, gelijkende op samengepakte sneeuw.

Rijp noemt men een witte laag ijsnaaldjes op weinig boven den grond uitstekende voorwerpen als gras.

IJzel is een heldere doorschijnende ijslaag, die zoowel op den grond als op hoogere voorwerpen kan voorkomen.

De *regenval*, welke ontstaat door sterke condensatie van den waterdamp in de lucht, wordt gemeten door middel van een regenmeter. De gewone regenmeters bestaan veelal uit een van boven open cirkelvormigen metalen cilinder van bepaalde doorsnede (veelal 1/20 M^2), welke trechtervormig in een kleinere uitvloeiopening of buis eindigt, waaruit het neergevallen water vloeit in een verzamelvat, kan of glas, opgesteld in een onderstel, waarop de cilinder in een bovenstel rust. Wil men tevens den sneeuwval bepalen, dan wordt het onderstel als verzamelvat van gelijken vorm en doorsnede als het bovenstel ingericht en dient dan uitsluitend voor sneeuwmeter. Men geeft het dan ongeveer ¾ M hoogte.

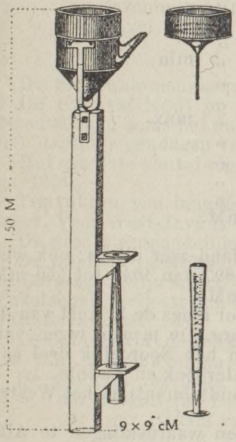


Fig. 1.

De door het Kon. Nederl. Meteorologisch Instituut gebezigde regenmeter op de kleine stations is volgens bijgaande figuur voorgesteld en heeft een oppervlak, van 400 cM^2 (middellijn 22,57 cM).

De hoeveelheid regenwater wordt gemeten door het uitgieten van het verzamelvat of de kan in een maatglas, waarvan de schaalverdeeling direct het aantal millimeters regenhoogte aangeeft.

Is de doorsnede van den regenmeter 1/20 M^2, dan zal 1 mM neerslag 0,05 L water of 50 cM^3 geven en alzoo de inhoud tusschen de deelstrepen, welke het aantal mM regen aangeven, 50 cM^3 groot moeten zijn.

De zelfregistreerende regenmeters (van Fuess) zijn van een hevelinrichting voorzien, welke na zekere vulling (10 mM regenhoogte) overhevelt en daarmede den wijzer voor het diagram weder op nul stelt.

De neerslag geeft reeds op kleine gebieden groote verschillen. De plaatsing van den meter is ook van grooten invloed. De plaats moet zoo gekozen worden, dat de regen van alle zijden voldoenden vrijen toegang heeft, maar het toestel voor krachtige winden eenigszins beschut is. Van boomen, huizen, enz. moet de meter even ver verwijderd zijn als deze voorwerpen hoog zijn. De bovenrand van den meter plaatse men 1,50 M boven den grond en zuiver waterpas. De aftapping geschiedt dagelijks veelal te 8 uur voormiddags.

Van invloed op de verdeeling van den regenval is de nabijheid der zee, welke den neerslag versterkt. Ook vindt men rijkelijker neerslag, waar dikwijls depressies met daarbij gepaard gaande opstijgende luchtbeweging plaats hebben, evenals aan de loefzijde van gebergten, waar de lucht eveneens tot een opstijgende beweging is gedwongen In het algemeen neemt de neerslag aan de loefzijde der bergen tot zekere hoogte toe om dan tot den kam weder af te nemen.

Aan de andere zijde der bergen, waar de lucht afdaalt, vindt men daarentegen geringen neerslag.

De grootste jaarlijksche neerslag wordt gevonden te Cherapunjie n! 14 800 mM.

De gemiddelde jaarlijksche regenval is in

Europa	595 mM
Afrika	807 „
Azië	607 „
Australië	475 „
Noord-Amerika	631 „
Zuid-Amerika	1424 „

Totaal bedraagt de hoeveelheid regen per jaar over de geheele aarde gemiddeld 112 000 KM².

Herleiding van den regenval.

Hoeveelheid regen herleid per HA:
1 mM regen is gelijk aan 10 M³ per HA.
1 „ „ per minuut = 167 Liter per secunde per HA
1 „ „ „ uur = 2,78 „ „ „ „ „

Waarnemingen in Nederland.

Gedurende het 50-jarig tijdvak 1849—98 bedroeg de regenval te Utrecht gemiddeld in

Januari	49,8 mM	
Februari	46,7 „	
Maart	45,6 „	
April	**39,1** „	
Mei	48,6 „	min
Juni	56 „	
Juli	77,2 „	
Augustus	**83** „	max.
September	68 „	
October	74,2 „	
November	64,1 „	
December	65,4 „	
of gemiddeld per jaar	715 mM.	

Zie verder tabellen op pag. 63—67

De regenval loopt voor verschillende plaatsen in ons land zeer uiteen; ook wisselen de jaarcijfers sterk, b.v. voor Utrecht van 1849—1897 van 1047 tot 450 mM en voor den Helder van 1845—1900 van 961 tot 207 mM.

Gedeelten van ons land met weinig regenval komen voor langs de Z. kust van de Zuiderzee, in en om Walcheren, het Zuiden van Limburg. De meeste regen valt in het Westen van Noord-Holland achter de duinen, in het Noordelijk deel van Friesland, Groningen en Noordwest Drenthe, in den Achterhoek en Twente.

In het Oosten van ons land komen zomerregens voor (landklimaat), in het Westen herfstregens (zeeklimaat).

Dat de maandgemiddelden zeer uiteenloopen, bewijzen waarnemingen te Alkmaar, die voor April 1889: 61,9 mM en voor April 1893: 1,4 mM neerslag gaven.

Verder werd te Utrecht in 1883 (jaargemiddelde 756,5 mM) waargenomen een maximum regenval in:

1 dag	van 18,8 mM	(October)
2 dagen	„ 35,2 „	„
3 „	„ 38 1 „	„
4 „	„ 41,8 „	„
5 „	„ 43,6 „	„
10 „	„ 67,5 „	(Juli)

De hoogst bekende regenval in één etmaal was ± 80 mM te Vlissingen (22 Augustus 1864).

Stortbuien.

Te Bilthoven (Utrecht) kwamen gedurende de negen jaren 1899—1907 voor de volgende buien van minstens 0,2 mM per minuut:

Duur der bui	5	10	15	20	25	30	minuten
Aantal buien	21	19	13	11	5	4	
Met gemiddelden regenval per minuut	0,62	0 60	0,42	0,33	0,39	0,37	mM
of	103	100	70	55	65	62	lit.p.sec.p.HA
Met grootsten regenval per minuut	1,2	2,0	1,26	1,10	0,52	0,57	mM
of	200	334	210	184	87	95	lit.p.sec.p.HA

Over de verschillende maanden waren de buien als volgt verdeeld:

Januari	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	0	0	3	9	13	14	16	10	6	1	0

Als maximum in 8 minuten werd te Bilthoven waargenomen een regenval van 20 mM of gemiddeld 2,5 mM per minuut of 418 L per sec. per HA.

De volgende belangrijke hoeveelheden werden waargenomen:

te Utrecht	8 Augustus	1875	30 mM	in 45	minuten,
„ „	22 Juni	1888	39 „	„ 53	„
„ „	24 „	1889	28 „	„ 58	„
„ Wageningen	22 „	1888	47 „	„ 54	„
„ „	25 „	1905	37 „	„ 43	„
„ Lochem	3 „	1889	45 „	„ 80	„
„ Scheveningen	13 Juli	1889	33 „	„ 45	„
„ Ulvenhout	26 Augustus	1907	62,5 „	„ 90	„
„ Katwijk	30 Mei	1908	18,7 „	„ 29	„
„ Breda	29 Augustus	1907	71 „	„ 3½	uur, waarvan 41,2 mM in 70 minuten.
„ ZevenhuizenGr.	4 Juni	1907	67,7 „	„ 75	„
„ Axel	12 „	1907	19,0 „	„ 30	„

Waarnemingen in Ned.-Indië.

De regenwaarnemingen geschieden in Indië op 1779 regenstations.

De regenval loopt op eenzelfde plaats zeer uiteen. De maximum jaarlijksche regenval kan soms het dubbele bedragen van de kleinste. De maxima en minima van het aantal regendagen vallen in het algemeen niet samen met die van den regenval.

Het grootste aantal regendagen te Batavia is 213 in 1880, het kleinst 110 in 1877 en 1891.

Tijdvakken van langdurige droogte kunnen optreden met 60 tot 100 dagen en meer. Voor West-Java is een tijdvak van 150 achtereenvolgende dagen het langste.

De grootste maandelijksche hoeveelheid 921,3 mM is waargenomen in Januari 1872.

De grootste jaarlijksche hoeveelheid is waargenomen te zijn 9100 mM in 1900 te Loember Redjo en 9824 mM te Tombo ten N. van het Dienggebergte, residentie Pekalongan, welk station eveneens den grootsten gemiddelden jaarlijkschen regenval van Java bezit.

Te Batavia valt de sterkste regenval in Februari (346 mM), de kleinste in Augustus (30 mM). Het maximum van den regen (7 %) valt omstreeks 4—5 u. namiddags.

De grootste regenval, te Batavia waargenomen, bedroeg

per minuut (30 Dec. 1879 en 9 Jan. 1881)	2,8 mM.
per uur (1902)	97 „
„ etmaal (18 Januari 1892)	286 „

Verder werden aldaar de volgende zware buien waargenomen:

18 Maart	1885	van 0 u	—	2 u a.m.	92 mM	in 94 minuten
14 Februari	1902	„ 9 u	—	12 u p.m.	133 „	„ 81 „
11—12 „	1903	„ 11 u p.m.		3 u a.m.	140 „	„ 160 „
15 Maart	1913	„ 3 u	—	9 u p.m.	70 „	„ 50 „

De gemiddelde jaarlijksche en maandelijksche regenval van verschillende plaatsen is gegeven in onderstaanden staat, ontleend aan de Regenwaarnemingen in Ned. Indië door Dr. J. P. van der Stok en Dr. S. Figee.

Verdere gegevens vindt men in „Regenval op Java" bewerkt door Dr. W. van Bemmelen als afzonderlijke bijlage van het „Overzicht van de uitkomsten der gewestelijke onderzoekingen naar de irrigatie en de daaruit gemaakte gevolgtrekkingen". Batavia, Java'sche Boekhandel en Drukkerij 1908.

Waarnemingen in Suriname.

Gemiddelde regenval uit 11 jaren (1897—1908) te Paramaribo:

Januari	221,1 mM.	
Februari	176,3 „	
Maart	223,9 „	
April	240,9 „	
Mei	**313,6** „	max.
Juni	257,0 „	
Juli	229,8 „	
Augustus	214,7 „	
September	**66,4** „	min.
October	72,9 „	
November	198,4 „	
December	222,9 „	
Samen per jaar	2351,0 mM	

Tabel van den gemiddelden regenval en van het aantal regendagen.

berekend uit 5 of meer jaren van 90 stations in Ned.-Indië.

Volgnummers	Namen der Stations	Aantal jaren	Januari		Februari		Maart		April		Mei		Juni		Juli		Augustus		September		October		November		December		Jaar	
			dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM
1	Tangerang .	21	20	314	18	285	15	201	11	127	9	99	7	92	6	70	5	51	6	61	9	112	12	165	16	235	134	1812
2	Batavia . .	21	20	339	18	304	16	222	12	134	8	92	7	94	6	76	4	30	6	80	9	110	12	136	16	208	134	1825
3	Meester-Cornelis	21	20	348	15	295	17	219	11	161	8	99	7	95	5	76	4	32	5	69	9	121	13	160	16	237	130	1912
4	Buitenzorg .	20	25	453	23	395	23	421	21	430	17	361	13	276	12	265	1	224	15	359	18	430	20	376	22	369	220	4359
5	Sinagar . .	21	22	306	20	288	22	310	23	371	17	260	15	189	10	130	10	131	12	136	19	320	23	391	24	368	217	3200
6	Tjiseureuh .	17	24	316	22	342	25	395	23	383	18	252	13	176	11	162	11	130	13	231	17	262	22	381	24	329	223	3359
7	Soekaboemi .	15	20	378	19	313	21	411	22	434	15	259	10	168	8	101	17	105	8	100	15	254	19	358	23	432	187	3313
8	Sindanglaja .	21	24	433	21	416	23	435	21	400	15	272	12	224	10	167	8	134	11	234	16	283	21	417	23	415	205	3830
9	Tjiandjoer .	21	21	270	20	238	21	285	18	250	13	163	10	111	8	113	7	106	10	169	15	251	18	304	19	268	180	2528
10	Tjiwangi . .	6	20	236	22	277	24	397	24	377	17	268	11	183	10	160	7	75	10	144	20	284	22	421	28	589	215	3411
11	Poerwakarta	21	20	391	17	319	19	362	16	316	11	201	9	167	6	84	4	64	7	109	10	206	15	315	18	300	152	2834
12	Soekawana .	18	24	360	21	335	24	381	23	338	16	189	12	137	10	104	7	86	9	112	14	193	22	388	21	297	203	2920
13	Bandoeng . .	20	17	196	14	163	17	246	16	220	9	119	8	93	5	57	4	36	6	71	10	152	16	239	16	206	138	1798
14	Djatinangor .	21	18	252	16	223	18	260	15	209	10	130	8	113	5	51	3	29	4	51	9	105	17	241	20	311	143	1975
15	Soemedang .	21	23	364	21	375	21	419	21	382	13	225	10	186	6	77	4	47	6	69	10	143	18	368	22	391	175	3046
16	Tjinjiroean .	20	27	397	23	332	25	388	22	316	16	192	13	149	8	84	7	67	9	115	14	200	21	352	24	383	209	2975
17	Waspada . .	19	22	313	19	233	20	282	18	254	14	162	10	129	7	90	5	40	7	76	11	149	18	261	20	263	171	2252
18	Manondjaja .	21	19	340	18	386	18	327	14	239	15	256	12	237	10	159	8	88	8	102	13	225	17	310	18	368	170	3037
19	Indramajoe .	16	16	299	14	259	13	147	12	150	9	96	7	97	5	63	2	19	2	37	6	63	9	114	16	213	111	1557
20	Cheribon . .	16	22	396	21	368	19	382	13	203	9	137	8	117	5	60	3	22	3	32	5	54	10	139	21	409	139	2319
21	Tegal . . .	21	16	320	15	300	12	239	8	124	6	85	6	105	4	61	2	32	3	36	4	49	7	106	15	298	98	1755
22	Pekalongan .	21	22	488	20	386	16	239	14	166	10	95	8	110	6	82	6	68	5	58	8	102	11	112	18	293	144	2199
23	Tjilatjap . .	21	19	310	17	259	17	310	18	285	14	269	14	334	12	272	10	171	10	176	17	406	21	491	21	395	190	3678
24	Banjoemas .	21	21	327	18	280	20	328	18	264	12	200	11	131	8	108	5	75	7	79	14	301	20	444	23	460	177	2997
25	Gombong . .	20	20	395	18	371	19	370	16	266	12	204	10	162	5	78	5	49	7	71	15	371	19	478	21	503	167	3318
26	Pelantoengan	21	26	617	24	615	24	603	22	489	16	306	12	222	8	152	6	95	8	129	15	239	21	454	25	561	207	4482

Volgnummers	Namen der Stations	Aantal jaren	Januari		Februari		Maart		April		Mei		Juni		Juli		Augustus		September		October		November		December		Jaar	
			dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM
27	Kedongkebo	21	20	364	18	301	18	337	14	258	10	124	8	130	5	50	4	39	5	48	11	172	17	340	21	421	151	2584
28	Kendal . . .	20	18	409	16	314	13	205	11	171	7	97	6	64	4	45	4	41	4	58	8	106	11	120	15	207	117	1837
29	Semarang . .	21	21	366	19	344	16	226	14	209	10	124	8	81	5	76	4	54	6	94	10	143	15	180	19	273	147	2170
30	Oenarang . .	21	24	614	22	629	20	487	16	343	12	255	9	148	5	93	5	94	6	91	11	180	16	295	23	536	169	3765
31	Magelang . .	21	23	425	21	393	22	465	17	266	11	184	9	145	6	70	4	47	5	55	10	169	19	338	23	394	170	2951
32	Banjoe-Biroe	20	20	337	19	272	20	333	18	274	12	179	8	107	6	61	4	34	5	44	9	111	15	199	20	280	156	2231
33	Salatiga . .	21	22	350	20	346	21	375	17	286	11	164	8	125	5	84	4	34	5	43	9	131	15	242	21	335	158	2515
34	Djokjokarta	21	19	360	18	296	17	309	12	195	9	130	7	103	3	44	3	30	2	28	7	106	14	246	19	331	130	2178
35	Klaten . . .	21	19	323	18	276	17	310	13	199	9	123	6	94	4	42	3	35	3	37	7	74	13	200	16	249	128	1962
36	Bojolali . .	21	23	492	21	460	20	406	14	250	11	189	7	120	5	72	3	32	4	40	9	109	13	222	19	326	149	2718
37	Soerakarta .	21	19	346	19	323	17	298	13	213	8	115	6	102	3	54	3	37	3	44	8	104	14	227	17	251	130	2114
38	Patjitan . .	20	21	387	18	344	16	281	12	161	9	138	7	139	5	60	4	34	4	45	9	201	15	355	20	412	140	2557
39	Koedoes . .	19	22	545	20	400	18	278	12	149	8	88	5	47	3	37	2	18	4	37	7	85	13	162	20	388	134	2234
40	Pati	20	22	309	19	218	17	207	12	131	8	96	6	66	3	43	2	19	4	41	6	59	12	128	19	282	130	1599
41	Rembang . .	21	17	263	15	207	11	183	9	104	6	81	6	99	3	34	2	22	3	26	5	50	9	127	15	209	101	1405
42	Toeban . .	21	15	244	13	202	13	193	9	123	5	70	5	61	3	34	1	11	2	21	3	40	7	112	14	212	90	1323
43	Bodjonegoro	21	16	265	16	286	15	294	10	172	7	105	4	73	3	36	2	22	3	50	6	77	12	177	16	258	110	1815
44	Ngawi . . .	21	18	252	17	259	19	305	15	244	9	143	6	81	4	54	3	41	3	58	9	141	15	272	17	261	135	2111
45	Madioen . .	21	18	300	17	269	16	258	12	216	8	129	6	85	3	37	2	29	2	22	5	68	12	201	16	243	117	1857
46	Kediri . . .	21	16	303	16	290	14	251	9	171	7	127	5	78	2	30	1	15	1	13	4	65	8	137	14	238	97	1718
47	Blitar . . .	21	19	325	18	267	17	245	14	196	10	138	7	120	4	42	3	27	3	23	8	100	14	173	19	292	136	1948
48	Malang . . .	21	21	320	20	298	18	245	12	160	9	115	6	71	4	47	3	27	3	29	8	123	17	214	20	312	141	1961
49	Grisee . . .	21	18	308	17	262	14	227	10	141	7	81	5	54	3	28	1	12	1	16	4	41	10	136	17	286	107	1592
50	Soerabaia . .	21	18	303	18	281	16	265	13	170	9	107	7	83	4	50	1	18	1	8	3	43	9	133	18	259	117	1720
51	Sido-Ardjo .	20	19	351	19	363	17	331	13	245	8	126	5	77	2	32	1	6	0	0	2	44	7	103	16	269	109	1947
52	Pasoeroean .	21	16	224	18	274	14	188	10	147	6	85	5	62	2	24	1	6	0	3	1	17	5	61	14	174	92	1265
53	Loemadjang	21	16	295	16	273	16	253	12	185	8	116	7	124	5	80	3	38	4	44	9	147	15	280	17	363	128	2198
54	Probolingo .	21	15	239	14	220	11	145	8	109	5	65	4	46	1	17	1	9	0	5	2	16	5	69	13	164	79	1104
55	Kraksaän . .	19	13	278	14	248	11	267	5	81	4	46	2	31	1	24	0	1	0	5	2	30	6	100	12	199	70	1310

Volgnummers	Namen der Stations	Aantal jaren	Januari		Februari		Maart		April		Mei		Juni		Juli		Augustus		September		October		November		December		Jaar	
			dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM
56	Bezoeki . .	21	13	336	14	320	8	178	6	88	3	55	3	44	2	25	1	7	0	1	1	9	5	52	11	187	67	1302
57	Sitoebondo .	21	15	256	14	220	9	157	7	64	3	50	3	33	1	16	0	5	1	4	1	23	5	50	14	205	73	1083
58	Banjoewangi	21	14	205	14	190	11	144	8	101	8	111	7	102	6	72	6	69	5	61	6	69	8	74	14	202	107	1400
59	Bangkalan .	21	18	253	15	229	15	232	15	253	10	173	8	115	5	73	3	46	3	45	6	77	10	157	17	268	125	1921
60	Pamekasan .	21	18	236	17	255	15	245	14	197	9	111	7	92	3	42	2	15	1	9	3	29	9	153	18	247	116	1631
61	Soemenep . .	21	17	258	15	292	14	253	11	185	8	121	7	107	3	48	1	7	1	4	2	37	9	106	17	278	105	1696
62	Telok-Betong	21	19	267	17	268	17	258	14	173	11	121	10	117	9	101	9	124	9	129	10	141	11	138	16	237	152	2074
63	Benkoelen .	21	18	315	14	252	16	271	15	267	14	239	11	219	11	189	12	225	13	244	18	363	19	350	20	363	181	3297
64	Solok . . .	21	18	273	14	223	17	239	16	216	13	165	9	121	8	81	13	140	13	133	16	239	16	224	19	256	172	2310
65	Padang . .	21	15	340	12	262	15	287	16	361	14	329	12	354	11	304	14	349	16	421	19	546	20	513	19	522	183	4588
66	Padang-Pandjang	21	23	365	18	305	22	309	22	332	19	244	16	184	16	191	19	282	20	311	23	373	25	416	26	499	249	3811
67	Pajakombo .	21	19	268	15	215	18	244	18	232	14	172	11	135	10	105	14	186	14	161	17	227	18	246	20	303	188	2494
68	Siboga . . .	21	17	343	15	342	19	451	19	418	15	353	12	300	14	313	17	332	17	374	22	536	22	510	22	476	211	4748
69	Kota Radja .	21	11	146	7	88	8	86	10	120	12	145	9	87	9	109	11	131	12	117	14	197	14	199	15	241	132	1720
70	Medan . . .	21	12	125	7	98	8	97	10	133	13	183	10	122	10	124	15	199	16	232	19	258	18	259	17	225	155	2055
71	Bengkalis . .	20	11	158	10	150	13	187	17	242	14	200	11	144	11	142	14	180	16	268	19	305	19	335	19	326	174	2637
72	Djambi . .	21	17	212	15	216	19	281	17	271	14	180	11	135	9	116	11	141	12	180	15	228	18	279	20	287	178	2526
73	Palembang .	21	20	288	17	273	19	326	19	284	14	194	11	134	9	108	10	110	10	131	14	221	18	298	21	355	182	2722
74	Tebing Tinggi	21	24	459	20	333	22	361	18	317	15	213	11	140	11	122	13	200	12	184	15	227	19	260	22	364	202	3180
75	Lahat . . .	21	23	500	22	405	22	440	19	349	14	227	10	145	8	117	9	152	11	169	15	195	19	328	22	444	194	3471
76	Bandar . .	21	24	319	20	269	23	311	21	331	17	230	13	169	12	142	13	154	14	182	17	226	21	304	23	342	218	2979
77	Muntok . .	21	18	411	13	267	17	322	16	239	12	186	10	127	8	110	9	131	8	121	13	212	18	353	23	556	165	3035
78	Singkawang .	20	19	376	13	204	14	198	15	210	14	222	13	211	10	156	14	264	13	207	20	407	22	422	22	469	189	3346
79	Pontianak .	21	16	265	12	191	15	257	15	255	16	268	14	228	10	161	14	230	13	212	20	420	21	401	19	358	185	3246
80	Sintang . .	21	19	344	16	292	19	336	18	309	17	303	15	263	11	227	15	297	15	262	20	377	21	367	21	357	207	3734
81	Amoentai . .	21	19	314	18	284	19	346	15	230	13	196	11	143	8	107	9	73	7	78	11	123	15	242	21	329	166	2465
82	Bandjarmasin	21	23	318	21	304	20	306	16	210	14	168	13	161	10	105	10	97	8	87	12	148	17	208	22	327	186	2439
83	Segeri . . .	19	22	732	17	467	16	464	13	225	11	196	9	125	6	77	3	35	3	45	7	121	15	365	21	684	143	3536
84	Makasser . .	21	25	747	21	540	20	441	11	132	8	94	8	107	5	46	2	11	2	15	4	42	12	183	23	659	141	3017

Volgnummers	Namen der Stations	Aantal jaren	Januari		Februari		Maart		April		Mei		Juni		Juli		Augustus		September		October		November		December		Jaar	
			dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM	dagen	mM
85	Gorontalo . .	19	9	105	7	96	8	93	10	133	10	109	11	131	8	87	8	97	4	51	5	61	8	103	10	112	98	1178
86	Menado . .	21	22	507	18	331	17	284	14	193	14	154	15	179	9	123	10	107	8	85	10	116	14	202	20	390	171	2671
87	Ternate . .	21	14	238	13	198	13	166	16	240	16	228	15	221	10	134	10	113	9	114	11	160	14	198	16	227	157	2237
88	Amboina . .	21	14	151	13	113	15	131	19	279	23	548	25	676	23	637	22	455	15	249	15	187	10	116	14	148	208	3690
89	Banda . . .	21	18	276	14	180	17	225	18	355	21	430	20	435	17	233	12	125	9	140	10	125	11	131	17	250	184	2905
90	Bima . . .	19	14	199	14	182	12	187	9	154	5	63	4	39	1	14	1	6	1	9	3	26	10	127	14	213	88	1219

Britsch-Indië.

Britsch-Indië vertoont op het gebied van regenval groote uitersten; van af enkele deelen van Sind, waar nagenoeg geen regen valt, tot den heuvel van Assam te Cherrapungi, waar de grootste regenval der aarde wordt aangetroffen. De regenval is onregelmatig verspreid en vertoont groote plaatselijke afwijkingen. De meeste regen valt tusschen Juli en October in het tijdperk van den Zuidwest-moesson. Deze maanden zijn het eenige regenseizoen voor het Indische schiereiland, geheel Noordelijk Indië (de alluviale vlakten van Ganges en Indus) en een groot deel van de Westelijke helft van Indië met het geheele presidentschap Bombay. In het Zuidoostelijk deel van het schiereiland valt de meeste regen van October tot December, de periode van den Noordoost-moesson. De centraal gelegen provinciën Berar en Hyderabad ontvangen in dien tijd in de meeste jaren tevens regen, hoewel niet zwaar. In Noordelijk Indië heeft men in het laatste deel van den winter en vroeg in de lente het seizoen der winterregens, waarin de Noordwestelijke districten ongeveer de helft van hun regenval ontvangen. In den warmen tijd van Maart tot Mei of Juni heeft men in Noord-Indië veel donderbuien en enkele regens in het Zuiden.

Stortbuien.

Volgens de waarnemingen gedurende 11 jaren aan den zelfregistreerenden regenmeter van de Groszh. Techn. Hochschule te Karlsruhe in B. kwamen voor:

Regenduur in minuten	Regenval in mM per minuut										
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
5	178 ×	72 ×	52 ×	25 ×	17 ×	12 ×	9 ×	7 ×	5 ×	4 ×	1 ×
10	60	27	16	9	5	5	2	0	0	0	0
15	29	12	7	5	4	4	1	0	0	0	0
20	17	6	4	4	3	3	1	0	0	0	0
25	9	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0

malen regens van bijbehoorende regenintensiteit en duur.

Als *maximum* kwamen aldaar voor:

5 min. duur en 2,5 mM per minuut of rond 417 L p. sec. p. HA
10 „ „ „ 0,8 „ „ „ „ „ 134 „ „ „ „ „
15 „ „ „ 0,8 „ „ „ „ „ 134 „ „ „ „ „
20 „ „ „ 0,8 „ „ „ „ „ 134 „ „ „ „ „
25 „ „ „ 0,5 „ „ „ „ „ 84 „ „ „ „ „

Vochtigheid.

De vochtigheid wordt bepaald door het gehalte aan waterdamp. Wordt dit gehalte van een bepaalde hoeveelheid lucht aan waterdamp in grammen uitgedrukt, dan spreekt men van de *absolute vochtigheid* der lucht. Daar het gehalte aan waterdamp van invloed is op den luchtdruk, kan men de absolute vochtigheid ook uitdrukken in dampdruk, welke eveneens in mM kwikhoogte wordt uitgedrukt. Daar het voornamelijk er op aankomt te weten, hoever de lucht van den verzadigingstoestand verwijderd is, heeft men het begrip *betrekkelijke vochtigheid* ingevoerd en deze geeft de verhouding aan in procenten van het werkelijke waterdampgehalte t. o. v. dat bij verzadiging bij dezelfde temperatuur.

De vochtigheid wordt gemeten met den *Psychrometer van August*, bestaande uit een dubbelen thermometer, waarvan een de gewone luchttemperatuur aangeeft, terwijl de andere met zijn bol steeds vochtig gehouden wordt. Bij betrekkelijk droge lucht zal steeds water verdampen en daardoor warmte aan den tweeden thermometer onttrokken worden, zoodat deze lager aanwijst dan de eerste. Staan de beide thermometers gelijk, dan bewijst dit, dat geen water verdampt en de lucht dus verzadigd is. Met behulp van psychrometertafels is het temperatuursverschil in vochtigheidsgraad uit te drukken.

De vochtigheid kan ook met behulp van een *hygrometer* worden bepaald, welke berust op de uitzetting door vocht van hygroscopische stoffen, zooals haar, dat voor deze hygrometers gebruikt wordt.

Zoolang het water bij den psychrometer niet bevroren is, zijn de uitkomsten van dezen juister dan bij den haarhygrometer, welke evenwel aan te bevelen is bij lage temperaturen.

De schommelingen in den vochtigheidstoestand staan in nauw verband met de verdamping.

In het warme seizoen is de vochtigheid maximaal, in den winter minimaal. De dagelijksche gang der absolute vochtigheid is niet zoo regelmatig. Op bergtoppen en bij vele stations in de lagere streken loopt zij ongeveer parallel met de temperatuur.

Meestal vindt men in het laagland, dat de dampdruk van 9 u. v.m. af weer daalt, omdat op dezen tijd de opstijgende luchtbeweging begint en wordt hij minimaal om 4 u. n. m. De maxima's liggen dan ongeveer op 9 u 's morgens en 's avonds.

Ned.-Indië.

De gemiddelde betrekkelijke vochtigheid te Batavia scheelt weinig met die in Nederland. De verschillen tusschen dag en nacht zijn in Indië grooter; des nachts is in Indië de lucht bijna geheel en al verzadigd. Van West- naar Oost-Java neemt de vochtigheid af.

Vochtigheid. Betrekkelijke vochtigheid van de lucht.
Verzadiging = 1000.

Gemiddelde vochtigheidstoestand	828
„ dagelijksche schommeling	298
„ vochtigheidstoestand per maand, afwisselend van September	775
tot Februari	875

De verzadigingstoestand = 1000 kwam voor op 16 verschillende dagen, tusschen 29 Sept. 1866 en 1 Jan. 1887.

Kleinste vochtigheidstoestand (12 Oct. 1891, 3u. n.) 248.

Spanning van den waterdamp in de atmospheer.

Gemiddelde	20,54 mM
Grootste 6 Juni 1886	29,82 „
Kleinste 12 Oct 1891	9,65 „

Verdamping.

De verdamping wisselt onder den invloed van temperatuur, zonneschijn, vochtigheidstoestand, windsnelheid, windrichting, hoogte en regenval.

In het algemeen neemt zij in gelijke mate toe als de beschijning van den grond door de zon, welke afhankelijk is van den tijd tusschen zonsopgang en zonsondergang en van de hoogte van de zon boven den horizon gedurende dien tijd.

Verder neemt zij toe, naarmate de vochtigheid van de lucht geringer, de temperatuur hooger en de windsnelheid grooter is. Zij is omgekeerd evenredig met de barometrische hoogte van de plaats en wordt bevorderd door een heldere atmosfeer en een hemel zonder wolken.

Met de verdamping gaan verwarmingsverschijnselen gepaard. Elke mM waterhoogte, welke verdampt of elke KG water per M^2, onttrekt aan het oppervlak ongeveer 600 groote calorieën (W. E.), welke aan de boven gelegen luchtlagen worden toegevoerd.

De waarnemingen omtrent verdamping door middel van een vrij staanden verdampingsmeter verkregen, bestaande uit een open bak met water gevuld verschillen eenigszins met de grootte en temperatuur van den bak. In het algemeen zijn de gevonden waarden veel te groot en moet men ze met 2/3 of 0,7 vermenigvuldigen om de werkelijke waarde te verkrijgen.

Beter is het den verdampingsmeter te plaatsen in een kuip met water of in den grond, zoodat zijn wanden niet afhankelijk zijn van de temperatuur der lucht. Voor denzelfden tijd van het jaar is de afwisseling in de verdamping veel geringer, dan die van den regenval.

Nederland.

Waarnemingen betreffende verdamping van een vrij wateroppervlak bestaan hier te lande te Utrecht, den Helder, Leeuwarden, op 4 plaatsen in den Haarlemmermeer en te Katwijk. Volgens de meteorologische jaarboeken bedroeg deze met een open meter:

MAAND	Utrecht over 20 jaren	Den Helder over 11 jaren (1867—1878)	Utrecht over 41 jaren (1855 tot 1895)
Januari. . . .	11,7 mM	19,6 mM	12,7 mM
Februari . . .	20,8 „	23,89 „	23,3 „
Maart.	47,0 „	43,52 „	48,9 „
April	89,4 „	68,86 „	91,7 „
Mei	122,3 „	100,88 „	125,9 „
Juni	**134,1** „	122,64 „	**136,7** „
Juli	129,5 „	128,97 „	130,4 „
Augustus . . .	110,5 „	102,13 „	110,5 „
September. . .	72,6 „	78,52 „	72,0 „
October . . .	35,9 „	44,58 „	37,9 „
November. . .	16,6 „	26,48 „	18,9 „
December . . .	**10,6** „	19,56 „	**12,1** „
JAAR	783,8 mM	779,60 mM	821,0 mM

Volgens de waarnemingen te Zwanenburg gedurende een periode van 99 jaren (1743—1841) bedroeg de verdamping van een vrij wateroppervlak gemiddeld in

Januari	**8,28** mM	min.
Februari	14,49 „	
Maart	34,79 „	
April	60,60 „	
Mei	82,47 „	
Juni	**94,92** „	max.
Juli	94,89 „	
Augustus	82,11 „	
September	54,89 „	
October	31,59 „	
November	17,92 „	
December	13,32 „	
Gemiddeld per jaar .	591,07 mM	

Hoezeer de verdamping voor verschillende luchtstreken en gewesten uiteenloopt, bewijzen de volgende cijfers omtrent de verdamping voor open reservoirs voor watervoorziening:

Barcelona	jaarlijks	1044 mM
Madrid	„	1527 „
Pucson (Arizona)	„	1970 „
Murcia	„	2298 „
Valencia (Spanje)	„	2616 „
Cumana (Venezuela)	„	3520 „

Britsch-Indië (kust) per dag tot 19 mM
Curaçao jaarlijks 3000 mM
Gileppe (reservoir) jaarlijks gemiddeld 115 mM varieerend van 30 tot 230 mM en per dag van 3,3 tot 9,3 mM.

Verdamping uit verschillende grondsoorten.

Daar in de voor deze waarnemingen gebezigde lysimeters altijd de verdamping van met water gedrenkten grond wordt gemeten, daar zij telkens met water worden bijgevuld, geven de waarnemingen geen goed beeld van de werkelijkheid.

In droge tijden zullen de verkregen uitkomsten veelal te hoog zijn. Het is daarom beter den afvoer na te gaan van een hieronder beschreven lysimeter of van een gedraineerd vlak terrein, dat op zekere diepte beneden het maaiveld een voor water ondoordringbare laag bezit en den waterafvoer door de drains te meten evenals de vochtigheid van den grond.

In een tijdperk van veel regen zijn de gronden vochtiger en valt er meer te verdampen, zoodat de verdamping in het algemeen met den regenval zal toenemen.

Volgens waarnemingen te Oude-Wetering (Hoogheemraadschap Rijnland) over 20 jaren (1876—1895) bedroeg de verdamping van water, grasland en zwarten grond (verdampingsmeter bestaande uit een bak van 1 M zijde) als volgt:

Maand	Vrij wateroppervlak	Grasland	Zwarte aarde
Januari	11,1 mM	10,1 mM	7,4 mM
Februari	15,3 „	13,3 „	10,8 „
Maart	29,2 „	27,4 „	23,3 „
April	60,0 „	68,1 „	49,6 „
Mei	92,0 „	123,8 „	73,4 „
Juni	103,4 „	141,0 „	74,0 „
Juli	94,7 „	139,4 „	67,6 „
Augustus	80,1 „	114,2 „	56,8 „
September.	49,7 „	72,7 „	38,0 „
October	28,5 „	33,4 „	21,7 „
November	16,6 „	16,6 „	12,0 „
December.	11,0 „	8,7 „	7,1 „
Jaar	591,6 „	769,3 „	442,2 „

Volgens deze waarnemingen is de *verhouding tusschen de verdamping uit grasland en uit water* voor te stellen als een sinussoïde met een maximum in Juli en een minimum in Januari nl.:

Januari	85 %	Juli	145 %
Februari	89 „	Augustus	141 „
Maart	100 „	September	130 „
April	115 „	October	115 „
Mei	130 „	November	100 „
Juni	141 „	December	89 „

De verdamping uit zwarte aarde is volgens bovenstaande waarnemingen ongeveer evenredig aan die uit water en wel 0,7 à 0,8 maal.

Volgens de Staatscommissie voor het instellen van een onderzoek omtrent Bevloeiingen (Verslag 1897) kan men voor ons land aannemen, wanneer de verdamping van grasland (wei- en hooiland) gelijk aan de eenheid wordt gesteld, dat deze bedraagt

voor bouwland	2/3
voor dennenbosch	1/6
voor ander bosch	1/8
voor heide, veengrond, duin, zand	0,85—0,90.

De verdamping van een zelfde veld zal onder overigens gelijke omstandigheden niet altijd dezelfde kunnen wezen; hoe meer het aan vocht verliest, hoe minder gemakkelijk het dit loslaat en geheel uitdrogen doen de meeste gronden niet. Lauterburg stelde de volgende empirische formule op:

$$V = H \frac{1 - p^n}{1 - p}$$

Waarin V = dikte van de waterlaag, welke verdampt van den 1sten tot den nden dag.

H = dikte van die laag op den eersten dag.

p = de nagenoeg constante dagelijksche procentische gewichtsvermindering en afwisselend voor de gronden van 0,70 tot 0,38.

Uit de in Bohemen verrichte 15-jarige waarnemingen heeft de Bruyn afgeleid, dat de verdamping voor ieder jaar kan worden uitgedrukt door de formule

$$u = \alpha\, r + C.$$

waarin r de regenval en α en C voor verschillende streken verschillende waarden kunnen hebben, maar voor elke streek constante cijfers zijn.

Hij vond voor Bohemen

$$u = 0{,}47\ r + 174 \text{ (in mM).}$$

Zoo vond D. Halton Thomson (Engineering 1914 bldz. 293) voor het regengebied van de Sheffieldsche waterwerken uit de waarnemingen 1879—1907: C = 14 en $\alpha = 0$ (in inches)

$$\text{of } u = 14 \text{ (inch.)} = 355{,}6 \text{ mM}$$

en voor dat van de Torquay-waterwerken C = 13 en $\alpha = 0{,}1$ (in inch.)

$$\text{of } u = 0{,}1\ r + 13 \text{ (inch.)} = 0{,}1\ r + 330{,}2 \text{ mM.}$$

Elink Sterk leidde voor den Haarlemmermeer af, dat de meestentijds per jaar voorkomende verdamping kan worden voorgesteld door

$$u = 0{,}25\ r + 135 + k \text{ (in mM)}$$

waarin k de hoeveelheid kwelwater.

Daar de verschillen in de verdamping voor kortere tijdperken dan een jaar veel onregelmatiger zijn, zijn deze niet in een formule te geven.

Ned.-Indië.

Omtrent de verdamping in Ned.-Indië heeft men waarnemingen van den ingenieur A. G. Lamminga in Probolingo verricht; die vond voor een rijstveld in 1885/86 gemiddeld 4,22 mM per dag en in 1886/87 3,62 mM per dag.

De ingenieur W. Elenbaas vond voor een vrij wateroppervlak (wadock Djoto bij Lamongan) een gemiddelde daling per dag van den waterstand van 4 mM in den Westmoesson en van 5 mM in den Oostmoesson.

In de vulcanische gronden is de verdamping in den Oostmoesson ongeveer tweemaal zoo groot als in den Westmoesson.

Hoeveelheid regenwater, welke in den bodem wegzakt en aan het grondwater ten goede komt.

In het algemeen wordt voor dit gedeelte evenals voor de verdamping 1/3 gedeelte van den regenval aangenomen. Het hangt evenwel van verschillende factoren af.

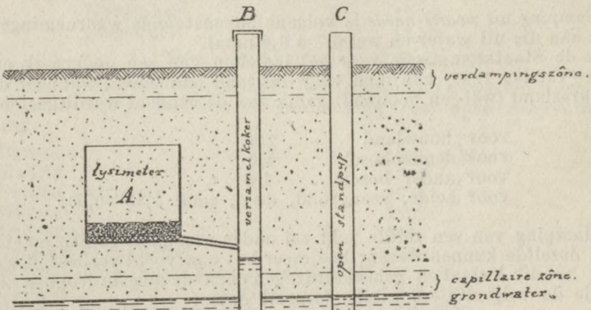


Fig. 2.

A. lysimeter met bodemlaagje van grof zand en draineerbuisjes.
B. verzamelkoker voor het water uit den lysimeter.
C. open standpijp voor waarneming van den grondwaterstand.

Waarnemingen hieromtrent kunnen geschieden met een lysimeter, (Fig. 2 op pag. 58) welke in den grond is ingegraven. Men vindt in het algemeen tot een zekere diepte onder het grondoppervlak een verdampingszone, welke onder invloed is van de verdamping en tot zekere hoogte boven het grondwater een capillaire zone, waarin het water door de gronddeelen opgezogen wordt. Men plaatst den lysimeter-bak tusschen beide zones in.

Voor de kale duingronden in ons land vond men voor de verdampingszone een dikte van ongeveer 0,50 M en voor de capillaire zone van 0,30 M. Gemiddeld kan hier gerekend worden, dat 50 à 70 % gemiddeld 60 % van den totalen jaarlijkschen neerslag aan het grondwater in de duinen ten goede komt, of ongeveer 10 M³ per HA.

Winden.

Het verschijnsel der luchtbeweging.

De luchtbeweging wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door drukverschil of *gradient*, welke gemeten wordt in mM luchtdrukverschil per equatorgraad of 111 KM. Een gradiënt van 1 mM komt ongeveer overeen met een windsnelheid van 3—5 M per seconde.

De eigenlijke oorzaak der luchtbeweging over de geheele aarde moet in de temperatuursverschillen tusschen de polen en den evenaar worden gezocht.

Doordat de lucht tusschen de keerkringen een hoogere temperatuur heeft dan in de andere deelen der aarde ontstaan in de benedendeelen van den dampkring koudere luchtstroomingen naar den evenaar en in de bovengewesten omgekeerd warmere luchtstroomen naar de polen. Door de wenteling der aarde om haar as en door haar bolvormige gedaante zijn deze luchtstroomingen niet Noorden Zuid, maar Noordoost en Zuidoost gericht; de hoogere warme luchtstroomingen daarentegen zijn Z.W. en N.W. gericht. De eerstgenoemde winden noemt men passaten en wel den NO- en den ZO-passaat. Benoorden den N-(kreefts)keerkring en bezuiden den Z-(steenboks)keerkring heeft men overheerschende ZW-winden op het Noordelijk en NW-winden op het Zuidelijk halfrond, welke men antipassaten noemt.

De passaten kunnen in richting door de nabijheid van uitgestrekte vastelanden worden gewijzigd en zijn het regelmatigst in die deelen van den Oceaan, die daarvan verwijderd zijn. Hetzelfde is met de antipassaten het geval.

Tusschen NO- en ZO-passaat ligt een gebied op zee, hetwelk de stiltegordel van den evenaar genoemd wordt. Het gebied kenmerkt zich door zware regens en donderbuien met over het algemeen drukkend warm weer. Waar aan de grenzen der passaten de koude en warme luchtstroomen elkaar aan de oppervlakte naderen, zal men een gebied hebben met veranderlijk weer. De grenzen der passaten zijn afhankelijk van den zonnestand; den N-grens van den NO-passaat is in den winter 24°, in de lente 28°, in den zomer 30° en in den herfst 28° van den evenaar verwijderd.

Moessons.

Doordat het land sneller en sterker verwarmd wordt dan de zee, vooral bij hoogen zonnestand, worden de passaten onder den invloed der landmassa's belemmerd. Worden zij in richting veranderd of omgekeerd, dan spreekt men van moessons. Men vindt deze hoofdzakelijk in die tropische zeeën, welke in de nabijheid van het vasteland of eilandengroepen liggen.

In de windrichting en windsterkte vinden *periodische veranderingen* plaats. De hooge druk op het vasteland in den winter en de lage in den zomer veroorzaken een zekere wisseling tusschen land- en zeewind. In het algemeen wordt ook aan de kusten 's morgens, wanneer het land verwarmd wordt, waardoor de luchtdruk hier vermindert, een wind van uit de zee (zeewind) waargenomen, terwijl 's avonds tengevolge van de langzamere afkoeling van het water een landwind in omgekeerden zin ontstaat. Ongeveer hetzelfde merkt men in bergdalen op; gedurende den dag heeft men een dalwind, welke tegen den berg opwaait en gedurende de nachtelijke afkoeling een bergwind, welke naar het dal stroomt.

Zoo kan men in het algemeen een periodische verandering in de windsnelheid opmerken. Is deze in het algemeen bij het aardoppervlak omstreeks den middag maximum en minimum in de nachturen, op bergtoppen vindt men daarentegen de grootste snelheid in de nachturen en de kleinste in den middag.

De *windrichting* wordt door middel van een windvaan bepaald.

De internationaal vastgestelde benaming der windrichtingen is voor

Noord	N
Oost	E
Zuid	S
West	W

De *windsterkte* of *windsnelheid* wordt veelal op schatting naar een willekeurige tien- of twaalfdeelige schaal gemeten. De zoogenaamde „anemometers'' welke de snelheid onmiddellijk in meters per seconde of in KM per uur aangeven, zijn duur en worden alleen gebruikt op hoofdstations.

Aan het observatorium te Bilthoven worden de windsnelheden gemeten met behulp van een molentje van Robinson en een anemometer van Dines. De twaalfdeelige schaal van Beaufort, waarvan men zich tot herleiding bedient, is als volgt:

	zwakke wind			matige wind		krachtige wind	
Nummer (sterkte)	0	1	2	3	4	5	6
Snelheid in M per sec.	0—1,3	3,6	5,8	8	10,3	12,5	15,5

	stormachtige wind		storm		orkaan	
Nummer	7	8	9	10	11	12
Snelheid in M per sec.	17,9	21,5	25	29,1	33,5	40,2

Een nieuwere schaal is de 12-deelige schaal van Koeppen, welke bij de Duitsche marine in gebruik is:

lichte luchtbeweging	=	1	=	2½	M snelheid	
zwakke wind	=	2	=	4	„	„
lichte wind	=	3	=	5½	„	„
matige „	=	4	=	7	„	„
frissche „	=	5	=	8½	„	„
zeer frissche wind	=	6	=	10	„	„
sterke wind	=	7	=	11½	„	„
stormachtige wind	=	8	=	13½	„	„
volle storm	=	9	=	15½	„	„
sterke „	=	10	=	19	„	„
zware „	=	11	=	25	„	„
orkaan	=	12	=	30	„	„

Voor de tiendeelige schaal is deze:

	wind						storm			orkaan
Nummer (sterkte)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Snelheid in M per sec.	1,5	3,7	6,2	8,8	11,8	15,0	18,8	24,0	32,8	50,0

Tijdens een storm zijn de veranderingen in windsnelheid zeer talrijk en omvangrijk. De gesteldheid van het omliggende terrein en de hoogte van het toestel voor waarneming is van grooten invloed op de uitkomsten. Hoe hooger het toestel geplaatst is, des te grooter snelheid gepaard met grootere gestadigheid.

Tusschen de snelheid van den wind in M per sec. en den druk in KG per M^2 bestaat ongeveer het verband, dat deze druk gelijk is aan $1/8\ V^2$.

Nederland.

Maximum windsnelheden tijdens eenige stormen in de jaren 1903—1911 in M per sec. waargenomen in ons land.

	Bilthoven		Helder		Vlissingen		
	Gemiddeld	Stoot	Gemiddeld	Stoot	Gemiddeld	Stoot	
21 Febr. '03	14,4		15,1		**21,4**		Het hoogste cijfer op een bepaald tijdstip is vet gedrukt. De gemiddelden zijn gerekend over één uur.
11 Sept. '03	13,9		13,3		**22,1**		
7 Oct. '03	13,6		**22,4**		19,9		
9 Oct. '03	11,2		**26**		17,7		
6 Oct. '04	12,5		**22,2**		16,7		
9 Nov. '04	14,3		15		**22,7**		
30 Dec. '04	**22,5**		19,8		21,2		
7 Jan. '05	**21,9**		19		13,1		
5 Febr. '09	**21,1**		20		16,9		
3 Dec. '09	17,1		**22**		20,3		
30 Sept. '11	19,5	29,6	**23**	31,5	19,4	30	

Gedurende den ZW-storm van 28-29 Dec. 1914 bedroeg de gemiddelde windsnelheid van 12 tot 6 uur in den morgen 20 M per sec. (windkracht 10).

Ter vergelijking diene, dat in het buitenland wel stooten zijn waargenomen met een snelheid van 70 M per sec.

Zie verder tabellen op pag. 63—67

Ned.-Indië.

Het klimaat van Ned.-Indië wordt hoofdzakelijk bepaald door de moessons, die het gevolg zijn van het verschil in luchtdruk boven Azië en Australië. In Januari heerscht wegens de lage temperatuur een hooge drukking over geheel Azië en terwijl in Australië daarentegen zomer en hooge temperaturen heerschen en de barometerstand lager dan de gemiddelde jaarlijksche stand is. In Juli is daarentegen de temperatuur in Azië hoog en in Australië laag. Er heerscht in Australië alsdan een hooge drukking en stroomt aldaar een ZO-wind, welke ook op Java wordt ondervonden evenals in het gebied der ZO-passaten van den Indischen Oceaan.

De Westkust van Sumatra vormt evenwel een overgangsgebied, waar men eigenlijk geen bepaalden moesson heeft. De regenval is daar overal en altijd door vrij zwaar, behalve Atjeh's N-punt, dat onder den invloed van den Britsch-Indischen moesson is.

De luchtbeweging volgt veelal de zeewegen en dringt alleen overdag iets verder het land in. Te Batavia is de windrichting in den westmoesson uit de richting N 30° W en in den Oostmoesson uit de richting N 30° O beide het sterkst te 2—3 uur n. m.

DeOostmoessonstrooming neemt men tot in de hoogere luchtlagen waar, in tegenstelling met den Westmoesson, die nimmer groote hoogten bereikt.

Eigenlijk blijft de Oostmoesson of ZO-passaat het geheele jaar over Indië waaien, maar wordt in de onderste luchtlagen van October tot April vervangen door den Westmoesson. Naar boven toe gaat de wind steeds naar links draaiende over in den antipassaat, die tot ongeveer 17 KM hoogte waait. Daarboven heerscht tot 24 KM hoogte een Westelijke luchtstroom en daarboven een orkaanachtige Oostelijke luchtstroom over 29—34 KM hoogte.

De in Januari heerschende NO-moesson ontstaat uit het naar rechts draaien van den aanvankelijk uit Azië stroomenden Noordelijken wind, welke wegens het uitwijken naar boven in den opstijgenden equatorialen stroom zwakker wordt en tevens naar het Oosten ombuigt en over Z. Sumatra en Java als Westenwind verschijnt.

Het invallen van den Oost- en Westmoesson varieert van jaar tot jaar; te Batavia verschijnt de Oostmoesson omstreeks 6—10 April en de Westmoesson omstreeks 17—21 November.

Op de kustplaatsen neemt men land- en zeewinden waar; overdag in de richting van het land en 's nachts naar de zee. De 's avonds opkomende landwind en 's morgens verschijnende zeewind worden alleen op zekere hoogte boven den grond gevoeld en nemen in kracht toe tot ongeveer 100 M hoogte om daarboven weder af te nemen.

Volgens het meteorologisch Instituut te Batavia bedraagt de Noordelijke component:

Hoogte in M	Snelheid in M per seconde		
	's morgens 7—8 uur	's namiddags 2½—3 uur	's avonds 7—8 uur
20	— 0,3	2,1	— 0,7
100	— 1,9	4,0	0,4
200	— 1,1	4,4	3,6
300	— 0,7	4,0	2,3
400	— 0,6	4,1	2,7

Overigens waait het in Ned.-Indië betrekkelijk weinig en minder dan in Europa. De grootste waargenomen windsnelheid in den Archipel bedraagt 10 M per sec. gedurende 6 uren; een storm te Batavia op 8 Dec. 1915 gaf gedurende 40 sec. een snelheid van 13 M en gedurende ± 10 sec. een van 20 M per sec., de laatste overeenkomende alzoo met een druk van ongeveer 50 KG/M².

Aardmagnetisme.

De aanwijzing van de magneetnaald verschilt in den regel met de ware of geografische richting van het Noorden, hetgeen in het aardmagnetisme zijn oorzaak vindt. Deze afwijking, in horizontalen zin *declinatie* en in vertikalen zin *inclinatie* genoemd, kan Oost of West zijn.

Het aardmagnetisme verandert elk oogenblik, de dagelijksche gang bedraagt voor de declinatie gemiddeld ongeveer 8′ en voor de inclinatie 1 à 2′. Door storingen kan de declinatie gemakkelijk 20′ verschillen.

Het jaargemiddelde (over alle dagen van het jaar en alle uren van den dag) bedraagt voor Bilthoven gedurende 1900—1910 als volgt:

Jaar	Declinatie Westelijk	Inclinatie Noordelijk	Horizontale intensiteit	Verticale intensiteit	Totale intensiteit
1900	13° 50′	66° 57′	0,1851	0,4349	0,4726
1901	46′	54′	0,1851	0,4344	0,4723
1902	42′	53′	0,1855	0,4345	0,4724
1903	37′	51′	0,1856	0,4341	0,4721
1904	33′	49′	0,1856	0,4335	0,4715
1905	29′	48′	0,1856	0,4332	0,4713
1906	24′	53′	0,1857	0,4351	0,4731
1907	19′	50	0,1856	0,4537	0,4717
1908	13′	47′	0,1855	0,4325	0,4706
1909	6′	47′	0,1855	0,4325	0,4706
1910	12° 59′	47	0,1855	0,4325	0,4706

Meteorologische waarnemingen in Nederland.

Landgemiddelden over de jaren 1893-1907 volgens de Verslagen van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut te Bilthoven

	Temperatuur			Gesteldheid der lucht				Betrekk. vochtigheid gemiddeld	Neerslag			Sneeuw	Onweer	WIND — % . . Aantal waarnemingen in procenten; B . . Gemiddelde kracht in graden Beaufort 1—12									Dag. m. windkr. > 7
	Gemiddeld	Max (met opgave van het jaar)	Min (met opgave van het jaar)	Zonneschijn	Hemelbedekking Gemidd	Hemelbedekking D.gem. < 0,2	Hemelbedekking D.gem. > 0,8		Hoeveelheid	0,1 mM of meer	1,0 mM of meer			N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Stilte	
	Grad. Celsius.			%	¹/₁₀ *dln.*	*Aant. dag.*		%	*mM*	*Aantal dagen*				%B	%B	%B	%B	%B	%B	%B	%B	%	
Januari . .	2			—	7	3	14	88	51	15	10	4		6-3	8-3	10 3	9-2	15-3	26-4	16-3	8-3	2	1
Februari . .	2			—	7	2	8	85	44	15	10	5		6-3	10-3	11-3	7-2	15-3	25-3	15-3	10-3	2	1
Maart . .	6			—	6	3	10	82	48	15	10	3		11-3	12-3	8-3	6-2	12-3	24-4	14-3	10-3	2	1
April . . .	9			—	6	4	8	75	47	14	9	1	1	13-3	13-3	10-3	7-2	8-3	19-3	14-3	14-3	1	
Mei	13			—	6	4	7	72	50	14	9	2	2	17-3	17-3	7-2	5-2	9-2	16-3	12-3	14-3	2	
Juni . . .	17			—	6	4	7	73	59	12	8	4	3	15-3	14-3	9-2	6-2	6-2	16-3	17-3	14-3	2	
Juli . . .	18			—	6	4	6	75	64	12	9	6	3	14-2	11-2	6-2	5-2	6-2	18-3	21-3	18-2	2	
Augustus . .	18			—	6	3	7	77	78	16	12	4	3	10-2	9-2	5-2	6-2	10-2	24-3	20-3	13-3	2	
September .	15			—	5	5	7	80	60	18	12	2	2	12-2	13-2	11-2	8-2	11-2	17-3	12-3	12-2	3	
October . .	11			—	6	3	10	85	77	18	13		1	6-2	8-2	10-3	10-2	19-3	24-3	11-3	8-3	3	1
November .	6			—	8	3	13	86	55	16	10			6-2	9-3	13-3	11-2	19-3	23-3	11-3	6-3	2	
December .	4			—	8	2	14	89	61	16	11	3		4-3	7-2	11-3	8-2	21-3	27-4	12-4	6-3	2	1
Leeuwarden																							
1893—1907																							
Januari . .	2	11-'99	—16-'94	—	7	2	15	89	54	20	11	5											
Februari .	2	15-'99	—20-'95	—	7	3	10	87	52	20	11	7											
Maart . . .	5	21-'96	— 7-'95	—	6	3	11	81	52	20	11	5											
April . . .	9	25-'04	— 5-'00	—	6	4	9	73	49	16	10	1	1										

	Temperatuur			Gesteldheid der lucht				B trekk. vochtigheid gemiddeld	Neerslag			Sneeuw	Onweer	WIND — °/₀ . . Aantal waarnemingen in procenten; B . Gemiddelde kracht in graden Beaufort 1—12									Dag. m. windkr. > 7
	Gemiddeld	Max. (met opgave van het jaar)	Min. (met opgave van het jaar)	Zonneschijn	Hemelbedekking Gemidd.	Hemelbedekking D.gem < 0,2	Hemelbedekking D.gem > 0,8		Hoeveelheid	0,1 mM of meer	1,0 mM of meer			N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Stilte	
	Grad. Celsius			%	1/10 dln.	Aant. dag.		%	mM	Aantal dagen.				% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B		
Mei	13	28-'04	— 1-'97		6	4	9	70	47	16	10	1	2										
Juni . . .	16	32-'02	5-'99		6	4	9	71	60	12	8	3	2										
Juli . . .	18	32-'99	6-'06		6	3	10	74	66	14	10	3	3										
Augustus . .	17	31-'98	6-'02		6	3	9	77	88	18	13	2	3										
September .	14	29-'03	0-'98		6	5	8	80	60	15	10	1	2										
October . .	10	25-'95	— 2-'97		6	3	11	85	90	22	14		1										
November .	6	17-'99	— 9-'02		7	3	14	88	63	20	11	1	1										
December. .	4	12-'98	—16-'99		7	2	17	90	63	21	13	5											
den Helder																							
1893—1907																							
Januari . .	3	10-'99	—14-'94	—	7	3	12	88	53	16	10	2		5-3	8-3	12-3	11-1	12-2	25-4	16-3	9-3	2	1
Februari .	3	15-'00	—12-'95	—	7	2	11	87	41	18	10	4		5-3	10-3	13-2	7-1	11-2	26-4	14-3	11-3	3	2
Maart . . .	5	2-'03	— 8-'99	—	6	3	9	84	42	16	10	2	1	9-3	12-3	9-2	6-1	10-3	28-4	12-3	10-3	3	1
April . . .	8	24-'04	— 2-'00	—	6	4	7	79	43	14	8	1	1	12-3	15-3	12-2	6-2	6-2	23-3	12-2	13-3	2	
Mei	11	26-'03	2-'97	—	5	4	6	78	50	14	8		2	17-3	21-3	9-2	3-1	5-2	20-3	10-2	13-3	3	
Juni . . .	15	30-'03	6-'95	—	5	5	6	78	49	11	8	1	3	14-2	15-3	11-2	4-1	3-2	21-3	15-2	14-3	3	
Juli . . .	17	30-,99	8-'98	—	5	5	5	77	51	11	7	1	3	14-2	10-2	7-2	3-1	3-2	22-3	20-2	17-2	3	
Augustus . .	17	31-'98	8-'96	—	6	3	5	77	76	16	11	1	3	10-2	9-2	6-2	6-1	6-2	27-3	19-3	16-3	2	1
September .	15	30-'03	6-'94	—	5	5	6	78	55	13	9	1	2	14-2	10-2	14-2	8-1	7-2	16-3	14-3	13-3	3	
October . .	12	22-'00	— 1-'05	—	6	3	10	82	87	20	15		2	8-3	7-3	13-2	10-1	15-2	20-3	12-4	10-4	4	1
November .	7	18-'99	— 7-'02	—	7	2	13	78	57	17	11		1	6-2	7-3	14-3	13-2	18-2	17-3	14-3	9-3	2	1
December. .	4	12-'98	—11-'06	—	7	2	13	87	63	19	12	2	1	4-3	5-3	13-3	8-2	21-2	25-4	13-4	8-4	2	2

	Temperatuur			Gesteldheid der lucht				Betrekk. vochtigheid gemiddeld.	Neerslag			Sneeuw	Onweer	WIND % . . *Aantal waarnemingen in procenten* B . . *Gemiddelde kracht in graden Beaufort* 1—12									Dag. m. windkr. > 7
	Gemiddeld	Max. (met opgave van het jaar)	Min. (met opgave van het jaar)	Zonneschijn	Hemelbedekking Gemidd.	Hemelbedekking D.gem. < 0,2	Hemelbedekking D.gem. > 0,8		Hoeveelheid	0,1 mM of meer	1,0 mM of meer			N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Stilte	
	Grad. Celsius			%	1/10 dln.	*Aant. dag.*		%	*mM*	*Aantal dagen*				%B	%B	%B	%B	%B	%B	%B	%B	%	
Groningen.																							
1893—1907																							
Januari . .	1	12-'99	—16-'95	—	8	1	16	89	48	16	10			5-3	9-3	12-3	12-2	11-2	26-3	16-3	9-3		1
Februari . .	2	18-'99	—19-'95	—	7	1	14	87	41	16	9	8		7-2	10-2	10-2	10-2	12-3	25-3	14-4	12-3		1
Maart . . .	5	23-'96	— 9-'99	—	7	2	13	82	49	16	10			12-3	10-3	7-2	11-2	12-3	22-4	11-4	14-3	1	1
April . . .	9	27-'04	— 4-'00	—	7	2	11	75	48	15	10			16-3	12-2	10-2	11-2	7-3	17-3	9-3	19-3		
Mei	13	29-'05	— 1-'02	—	7	2	9	73	51	15	10	2	2	20-3	17-3	7-2	7-2	7-3	14-3	10-3	17-3	1	
Juni . . .	17	32-'02	3-'99	—	6	2	9	76	65	13	9	5	2	15-2	13-2	10-2	8-2	5-3	14-3	15-3	19-3	1	
Juli . . .	18	32-'01	5-'06	—	6	2	10	76	72	14	10	7	3	14-2	10-2	6-2	6-2	6-2	16-3	17-3	23-2	2	
Augustus . .	18	34-'98	6-'02	—	6	1	10	79	84	18	13	4	1	10-2	8-2	5-2	8-2	10-2	22-3	20-3	16-3	1	
September .	15	31-'98	2-'98	—	6	3	10	82	59	15	10	2	1	10-2	10-2	10-2	13-2	9-3	18-3	13-2	15-2	2	
October . .	10	26-'95	— 3-'05	—	7	1	13	87	79	19	13			7-3	8-2	12-3	12-2	16-3	26-3	9-3	9-2	1	
November .	5	19-'99	— 9-'02	—	8	1	16	89	53	18	10			4-2	7-2	14-2	17-2	16-2	24-3	10-3	8-3		
December .	2	11-'28	—15-'99	—	8	1	19	90	57	19	12			3-2	7-2	12-3	13-2	18-3	26-3	12-3	8-3	1	1
Bilthoven.																							
1848—1907																							
Januari . .	2	13-'99	—21-'50	21	7	3	11	89	53	19	10	3		5-2	8-2	9-3	12-2	15-3	24-4	16-3	8-3	4	
Februari . .	3	18-'99	—18-'55	22	6	3	8	86	42	16	10	4		6-2	10-2	9-2	8-2	18-3	23-3	14-3	9-3	4	
Maart . . .	5	21-'03	—13-'99	26	6	4	7	86	48	17	10	3		10-3	1-43	7-2	7-2	14-3	20-3	15-3	11-3	3	
April . . .	9	26-'04	— 5-'00	32	5	4	7	73	42	15	9	1	1	12-3	1-33	9-2	8-3	9-3	17-3	14-3	14-3	3	
Mei . . .	13	32-'92	— 3-'05	36	5	4	3	71	50	15	9	2	2	16-3	1-53	5-2	6-2	12-2	15-3	11-2	15-3	4	

	Temperatuur			Gesteldheid der lucht				Betrekk. vochtigheid gemiddeld	Neerslag			Sneeuw	Onweer	WIND % . . Aantal waarnemingen in procenten B . . Gemiddelde kracht in graden Beaufort 1—12									Dag. m. windkr. > 7
	Gemiddeld	Max. met opgave van het jaar	Min. met opgave van het jaar	Zonneschijn	Hemelbedekking Gemidd.	Hemelbedekking D.gem < 0,2	Hemelbedekking D.gem > 0,8		Hoeveelheid	0,1 mM of meer	1,0 mM of meer			N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Stilte	
	Grad. Celsius			%	1/10 dln.	Aant. dag.		%	mM	Aantal dagen.				% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	%	
Juni . . .	17	34-'58	2-'49	38	5	3	4	73	57	14	8	4	3	16-2	15-2	7-2	7-2	8-2	14-2	15-3	15-2	4	
Juli . . .	18	34-'99	4-'98	42	5	2	3	75	75	16	10	7	3	15-2	10-2	3-2	5-2	7-2	16-2	18-2	21-2	5	
Augustus .	18	34-'99	3-'98	38	5	3	3	78	82	18	11	5	3	9-2	10-2	4-2	8-2	13-2	20-3	18-3	13-2	6	
September .	15	31-'98	— 1-'55	36	5	4	4	82	67	17	10	2	1	12-2	13-2	9-2	9-2	12-2	15-2	13-2	12-2	6	
October . .	10	25-'86	— 5-'05	26	6	3	6	86	75	20	12		1	5-2	8-2	8-2	14-2	20-3	22-3	10-3	7-3	7	
November .	5	19-'99	—11-'58	18	6	2	9	89	59	19	11	1		5-2	9-2	9-2	14-2	19-3	22-3	12-3	5-3	4	
December .	3	14-'56	—20-'71	14	7	2	11	90	65	19	11	2		2-2	7-2	12-2	10-2	22-3	25-3	12-3	5-3	4	1
Vlissingen.																							
1893—1907																							
Januari . .	3	11-'99	—12-'94	—	7	3	12	89	48	17	8	4		4-3	8-3	13-3	9-3	12-3	25-4	18-4	9-3	3	1
Februari . .	3	14-'00	—13-'95	—	6	3	9	88	42	16	7	4		6-2	9-3	14-3	7-3	11-3	22-4	19-4	9-3	3	1
Maart . . .	6	17-'03	— 4-'04	—	6	3	7	84	49	17	8	3		8-3	13-3	10-3	5-2	9-3	21-4	21-4	9-3	4	1
April . . .	9	22-'00	— 1-'05	—	6	3	4	79	48	16	9	1	1	13-3	14-3	12-3	7-2	5-3	15-3	20-3	13-3	2	
Mei	13	28-'03	3-'02	—	5	4	4	76	52	15	8		2	18-3	19-4	9-3	6-2	7-3	11-3	15-3	13-3	2	
Juni . . .	16	29-'03	8-'02	—	5	5	5	77	57	13	9	1	3	16-3	16-3	9-3	6-2	4-2	11-3	23-3	12-3	2	
Juli	18	31-'00	10-'02	—	5	5	3	76	60	12	8	2	4	13-3	11-3	7-2	7-2	4-2	12-3	27-3	16-3	2	
Augustus . .	18	30-'98	10-'02	—	5	3	3	76	82	16	10	1	4	9-3	10-3	8-2	6-2	7-3	19-3	27-4	12-3	2	
September .	16	28-'98	5-'06	—	5	5	4	78	64	15	8	1	3	10-2	14-2	14-3	8-2	9-3	15-3	15-3	12-2	4	
October . .	11	21-'01	— 1-'05	—	6	3	8	84	85	18	12		2	4-3	7-3	12-3	9-3	18-3	24-3	13-4	9-3	4	1
November .	7	16-'99	— 6-'02	—	6	3	10	87	53	18	8			4-3	8-3	16-3	9-3	16-5	24-3	14-4	5-3	3	1
December . .	4	12-'00	— 10-'99	–	7	2	12	88	66	18	10	2		3-3	6-3	13-3	7-3	18-4	29-4	14-4	7-3	3	1

	Temperatuur			Gesteldheid der lucht				Betrekk. vochtigheid gemiddeld.	Neerslag			Sneeuw.	Onweer	WIND % . . Aantal waarnemingen in procenten B . . Gemiddelde kracht in Beaufort 1—12									Dag. m. windkr. > 7
	Gemiddeld	Max. met opgave van het jaar	Min.	Zonneschijn	Hemelbedekking. Gemidd.	D.gem. $< 0,2$	D.gem. $> 0,8$		Hoeveelheid	0,1 mM of meer	1,0 mM of meer			N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Stilte	
	Graden Celsius			%	$^1/_{10}$ *dln.*	*Aant. dag.*		%	*mM*	*Aantal dagen*				*% B*	*% B*	*% B*	*% B*	*% B*	*% B*	*% B*	*% B*	*%*	
Maastricht.																							
1893—1907																							
Januari . .	3	14-'02	—14-'95	—	7	2	17	85	42	11	7	3		10-3	9-3	5-2	3-2	23-3	30-4	12 3	5 3	3	
Februari . .	3	20-'99	—18-'91	—	7	2	13	83	35	11	7	6		9-2	11-3	6-2	2-2	23-3	28-3	14-3	7-3		
Maart . . .	7	22-'03	—10-'95	—	7	3	12	77	43	12	9	4	1	13-3	12-3	6-2	4-2	19-3	26-3	12-3	8-3		1
April . .	11	28-'04	— 3-'00	—	7	3	11	72	41	13	9	1	1	13-3	12-3	6-3	5-2	15 3	22-3	14-3	13-3		
Mei	15	30-'04	— 2-'06	—	6	4	9	69	44	12	8	3	1	19-3	15-3	4-3	3-2	15-3	17-3	13-3	12-3	1	
Juni . . .	19	32-'97	5-'95	—	6	3	7	69	50	10	8	8	3	16-2	11-2	6-2	4-2	11-2	22-3	18-3	12-2		
Juli	20	34-'00	7-'98	—	6	5	7	71	66	13	10	11	2	13-2	12-2	4-2	3-2	11-2	23-3	21-2	12-2		
Augustus . .	19	34-'98	6-'96	—	6	4	8	73	60	13	10	7	2	11-2	8-2	4-2	4-2	14-2	31-3	18-3	10-2	1	
September .	16	34-'06	1-'06	—	6	5	9	78	50	10	8	4	1	13-2	16-2	7-2	3-2	17-2	22-3	3-2	7-2	1	
October . .	11	27-'95	0-'05	—	6	3	11	83	59	14	10			8-2	12-2	5-2	5-2	27-3	27-3	11-3	4-3	1	1
November .	7	20-'99	— 8-'02	—	7	3	14	84	39	11	8	1		8-2	13-3	9-2	4-2	25-3	29-3	7-3	3-2	1	
December .	4	14-'00	—13-'99	—	7	2	15	86	52	11	8	3		6-2	10-2	6-2	6-2	28-3	29-3	11-3	3-3	3	1

Geologische gegevens.

Litteratuur.

Waterbouwkunde van Henket, Telders c. s. Afd. Polders en Droogmakerijen, bewerkt door A. A. Beekman. f 12.15.

Dr. J. Lorié. De geologische bouw der Geldersche Vallei. Verh. der Kon. Ac. van Wetenschappen te Amsterdam. Deel XIII No. 1 1906 f 1.50, Deel VII No. 6 1901. f 0.40.

Dr. F. Seelheim. Verslag omtrent het onderzoek der grondsoorten in de Betuwe.

„De bodem van Nederland", tweede, geheel nieuw bewerkte druk, van het in 1860 verschenen boek van Dr. W. G. H. Staring, door J. van Baren (zal compleet zijn in 12 stukken à f 1.25).

„De vormen der aardkorst" door J. van Baren (1907). f 6.50.

„Handbuch der Regionalen Geologie" o. a. „Niederlande" von Dr. G. A. F. Molengraaff en Dr. W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht (1913).

„Lijst van geschriften, welke handelen over of van belang zijn voor de geologie van Nederland" door H. G. Jonker, verschenen in Verh. Kon. Academie van Wetenschappen 2 XIII no. 2 (1907). f 2.50.

Tijdschrift van het Kon. Ned. Aardrijkskundig Genootschap o. a. jaargang 1887, 1891, 1893, 1907, 1910 e. a.

Weekblad „De Ingenieur" o. a. no. 40 en 41, jaargang 1910
no. 1 en 16, „ 1911
no. 11 en 31, „ 1912
no. 47 en v. „ 1915

Verhandelingen K. I. v. I. 1907—1908.

Verbeek en Fennema, Geologische beschrijving van Java en Madoera, 1896. f 50.—.

Dr. B. G. Escher. De gedaanteveranderingen onzer aarde. Algemeene Geologie (Wereld-Bibliotheek). f 2.45.

Geologische perioden en formaties.

I. **De Oertijd der Aarde.** (Archaïsche of primitieve periode.)
Van levende wezens bestonden alleen de laagste organismen.

1. Laurentinische formatie: Oergneisgebergten met gneis, hier en daar overgaande in graniet.
2. Huronische formatie: Oerleisteengebergten met glimmerleisteen en kleileisteen.

II. **Het oudste tijdperk der aarde.** (Palaeözoïsche periode.)
In deze periode ontstonden de eerste hoogere levende organismen.

1. Praecambrische, Cambrische en Silurische formatie (ongelede dieren, wieren): Grauwakken, kleileisteen, kwartsen en kalken.
2 Devonische formatie (visschen, vaatkryptogamen): Grauwakken, kalken en zandsteenen.
3. Steenkolenformatie (eerste amphibiën, kolenplanten): Kalken en zandsteenen, leisteenklei, kolenlagen. Onderverdeeld in: Culm of kolenkalk, subcarbonische formatie, productieve kolenformatie.
4. Dias of Permische formatie (visschen, amphibiën, reptielen, varens):
   a. Onderste lagen roodgesteente (conglomeraten, zandsteenen, potklei).
   b. Zechsteenformatie (kalksteen, gips, steenzout, koperleisteen).

III. **Het middentijdperk der aarde.** (Mesozoïsche periode).
Naast de vroeger genoemde organismen vindt men sauriërs, de eerste zoogdieren, vogels, coniferen en cykadeën.

1. Triasformatie (zoutgebergten) (kikkersauriër, de eerste ammonieten, vogels en zoogdieren).
   a. Bontezandsteenformatie (zandsteenen, klei, mergel, gips, steenzout).
   b. Schelpkalkformatie (kalksteen, dolomiet, gips, steenzout).
   c. Keuperformatie (bonte mergel, gips, zandsteen, leisteenachtige potklei en kleikolen).

2. Juraformatie (Oolithengebergten) ammonieten, belemnieten, visch- en vleugelsauriërs) kryptogamen, coniferen, cykadeën, de eerste loofhoutboomen.
   a. Lias of zwarte Jura: Bitumineuse leisteenen, kalk- en zandsteenen.
   b. Bruine of midden Jura: Zandsteenen, donkere klei, ijzererts
   c. Witte of boven Jura: Witte kalken, mergel.
3. Krijtformatie (Kwaderzandsteengebergten): Zandsteen (groenzandsteen), kalksteen (krijt). Onderverdeeld in: Hils en Wealden — Gault — Cenomaan — Turon — Senon.

IV. Het **nieuwe tijdperk der aarde.** (Kaïnozoïsche periode.) Men vindt behalve zoogdieren den mensch en talrijk loofhout.
1. Oudere tertiaire formatie of Eogeen (oudere bruinkolengebergten):
   a. Palaeoceen.
   b. Eoceen: kalken, klei.
   c. Oligoceen: gips, klei, bruinkolen, zandsteen (molasse).
2. Jongere tertiaire formatie of Neogeen (jongere bruinkolengebergten):
   a. Mioceen: kalken en zandsteenen.
   b. Plioceen: los rivier- en berggesteenten, zand.
3. Quartaire formatie (omhooggeschoven gebergten en bezonken aangespoeld land):
   a. Diluvium of Plistoceen. Men vindt de eerste sporen van menschen in Europa. Gletschersteenen en meest kalkhoudende overblijfselen. In het noordelijke vlakke land onderscheidt men: onder- boven- en daldiluvium (vroeger oud-diluvium) d. i. het van diluviale stroomen horizontaal afgezette zand, ook wel dal- of heidezand genoemd.
   b. Alluvium of Holoceen: Hiertoe behooren de nu nog plaats hebbende zoetwater- en windformaties als rivierzand, grint, klei, leem, veen, kiezelguhr duinzand.

Geologische formatie van den bodem van Nederland.

Het oppervlak van den bodem van Nederland bestaat voor het grootste deel uit alluviale neerzettingen, waartusschen hier en daar het dilivium aan de oppervlakte treedt.

De jongste lagen van het tertiair, welke in den regel uit fijne leemhoudende zanden bestaan, hellen met haar bovenzijde vrij regelmatig van oost naar west en van zuid naar noord blijkens de volgende dieptecijfers, waarop het tertiair werd aangeboord:

Mariëndaal bij Grave	op	4	M	÷ AO
onder Arnhem	,,	71	,,	,,
,, Gorkum	,,	117	,,	,,
,, Bergen op Zoom	,,	39	,,	,,
,, Utrecht	,,	152	,,	,,

Te Sloten ligt het tertiair dieper dan 201,8 M ÷ AP; onder de duingronden bij Haarlem zal het wellicht liggen op ± 250 M ÷ AP.

Wat de diepere formatie van den bodem betreft, voor het N-Westelijk gedeelte vindt men van boven naar beneden achtereenvolgens na een diepte van ongeveer 10 tot 20 M ÷ NAP. (zie Dr. Tesch, de Ingenieur, 1912):

I. Een bovenste grove zone, hoofdzakelijk bestaande uit grove tot middelmatig korrelige zanden met en zonder rolsteentjes, plaatselijk overgaand in lensvormige grindbanken. Deze strekt zich uit

te Gorkum tot	± 40	M ÷ AP	in de algemeene richting der grondwaterbeweging tegelijk hellingsrichting der lagen van ZZO tot NNW.
,, Oude Water tot	± 55	,, ,,	
,, Haarlem tot	± 80	,, ,,	
,, Brouwershaven	± 16	,, ,,	loodrecht daarop staande richting.
,, Barendrecht	± 25	,, ,,	
,, Vianen	± 42	,, ,,	
,, Utrecht (Driebergen)	± 30	,, ,,	
in de Geldersche vallei (Scherpenzeel)	± 35	,, ,,	
,, de Veluwe (Apeldoorn) van bovenkant tot	± 25	,, ,,	
,, het IJseldal (Deventer) tot	± 38	,, ,,	

II. Een daarop volgende fijne zone, bestaande hoofdzakelijk uit fijne en zeer fijne leemige zanden en meer of minder zandige kleilagen met plaatselijke veenbanken. Zij vormt een meer of minder waterafsluitende laag.

De zone strekt zich uit:	II	III
te Gorkum tot	± 60 M ÷ AP	± 90 M ÷ AP
„ Oudewater tot	± 75 „ „	± 104 „ „
„ Haarlem tot	± 105 „ „	± 150 „ „
„ Brouwershaven tot	± 28 „ „	± 40 „ „
„ Barendrecht tot	± 40 „ „	± 55 „ „
„ Vianen tot	± 70 „ „	± 96 „ „
„ Utrecht tot	± 65 „ „	± 85 „ „
in de Geldersche vallei tot	± 58 „ „	± 104 „ „
„ de Veluwe tot	± 50 „ „	± 92 „ „
„ het IJseldal tot	± 64 „ „	± 104 „ „

III. Een op II volgende grove zone hoofdzakelijk bestaande uit blanke, fijne tot middelkorrelige, zanden met en zonder kleine rolsteentjes en plaatselijk lensvormige tusschenlagen van fijn grind. In deze zone is water overvloedig aanwezig.

IV. Een daarop volgende fijne zone, bestaande uit fijne en zeer fijne glimmerrijke zanden en meer of minder zandige kleilagen.

Deze laag bevat weinig water, dat naar de diepte snel toeneemt in chloorgehalte (tot ± 300 mgr Cl per Liter).

	IV	V
Gorkum	120 ÷ AP	250 ÷ AP
Oudewater	147 „	290 „
Haarlem	220 „	380 „
Brouwershaven	60 „	125 „
Barendrecht	96 „	220 „
Vianen	133 „	270 „
Utrecht	120 „	240 „
Geldersche vallei	130 „	280 „
Veluwe	124 „	geen
IJseldal	135 „	geen

V. Een daarop volgende zeevorming van het jong plioceen, bestaande uit fijne zanden, zeer fijne leemige zanden en zandige kleilagen, afwisselend met blanke middelkorrelige zanden met kleine rolsteentjes. Deze zone bevat tamelijk veel water met hoog chloorgehalte (tot ± 1000 mgr Cl per L).Plaatselijk vindt men schelpgruis en schelpen.

VI. Een op V volgende zeevorming van het middenplioceen, bestaande uit fijnglauconitische zanden met veel schelpgruis en schelpen. De zone bevat weinig water met zeer hoog chloorgehalte (tot ± 3000 mgr Cl per L).

Op VI volgen de oudere tertiaire lagen, bestaande uit vaste en dichte fijnzand- en kleilagen.

Het duingebied aan de West- en Noordkust van het land.

De duinen vormen een gedeelte van de duinenrij van Calais tot Kaap Skagen. Zij zijn op het droge zeestrand verstoven zandheuvels, welke zelden grooter hoogte dan 60 M boven de zee bereiken. Het duinzand is van diluviaal zand teonderscheiden door het gemis aan rolsteenen en een zeker gehalte aan gruis van zeeschelpen.

In het duingebied van de Noordzee naar de Haarlemmermeer vindt men achtereenvolgens de volgende lagen:

Alluvium:

Duinzand van maaiveld tot circa N. A. P.
Strandzand van ± N. A. P. tot 13 M ÷ N. A. P.
Kleihoudend fijn zand en kleilenzen van 13 M ÷ tot 23 M ÷ N. A. P.

Diluvium:

Vrij grove zanden met fijne kiezel, soms groote keien en veel oesterschelpen van 23 M ÷ tot 30 M ÷ N. A. P.

Leemhoudende scherpe zanden met verspreide leemlenzen van 30 M ÷ tot 75 M ÷ N. A. P.

Leemhoudend fijn zand, leemlenzen en verspreide veenlenzen van 75 M ÷ N.A.P. tot 100 M ÷ N. A. P.

Grove zanden met kiezel van 100 M ÷ tot dieper dan 150 M ÷ N. A. P.

Hieronder volgt een overzicht van eenige grondboringen in het genoemde duingebied:

PLAATS	den Helder	IJmuiden bij de nieuwe sluis	Amsterdamsche prise d'eau der duinwaterleiding	Katwijk	Scheveningen watertoren	Monster	Hoek van Holland
Veen op grootere diepte	—	van circa 18,50 M÷ tot 19 M÷A.P.	—	—	van 19,50 M÷ tot 19,70 M÷ A.P.	—	—
Zeeklei	van ± 3 M ÷ tot 5 M÷A.P.	van ± 17 M ÷ tot 18,50 M÷ A.P.	van ± 12 M ÷ tot 20 M÷A.P.	van 5 M ÷ tot 6 M÷A.P.	van 9,40 M÷ tot 14,70 M÷A.P.	van 16 M ÷ tot 19 M÷A.P.	—
Leem- of leemhoudend zand	—	—	van 70 M÷ tot 95 M÷A.P.	—	—	—	—
Vrij grof zand met veel oesterschelpen (Eemstelsel)	—	van 35,50 M÷ tot 37,50 M÷ A.P.	van 25 M÷ tot 35 M÷A.P.	—	—	—	—
Dieper liggende vrij grove zandlaag.	—	—	van 90 M÷ tot 110 M÷ A.P.	—	—	—	—
Grondwater onder de zeeklei	brak	zoet tot minstens 81,50 M÷A.P.	zoet tot ongeveer 110 à 120 M÷ A.P.	zoet	zoet	zoet tot ongeveer 50 M÷A.P.	brak

Het Hollandsch-Utrechtsche veenpolderland.

Dit laagveengebied grenst ten Westen aan de duin- en geestgronden en ten Oosten aan het diluvium in Utrecht en het Gooiland. Ten Zuiden van het IJ is het over een groote oppervlakte met *rivierklei* bedekt, evenals min of meer breede strooken langs de Merwede, Linge, Giesen, Noord, Lek, Hollandschen IJsel, Ouden Rijn, Vecht en langs de Nieuwe Maas beneden Rotterdam, welke laatste kleistrook zich Noordwaarts uitstrekt tot in de omstreken van Delft en Rijswijk. Het *laagveen* is door het gestadig drooghouden met zijn oppervlakte 1 à 2 M gezakt, behalve aan zijn grenzen, waar zijn laag dun uitloopt. Het rust over het grootste gedeelte van het gebied op *slappe blauwe klei*, welke hier en daar overgaat in alluviaal zand. Hieronder ligt het veen op grootere diepte; dit is harder dan dat aan de oppervlakte. In het Oosten loopt deze blauwe kleilaag te niet en rust het veen op fijn, kleihoudend zand of onmiddellijk op zand. Waar de kleilaag ophoudt, loopen de beide veenlagen aaneen, tot zij op het diluvium stuiten. Het *diluvium*, dat langzaam naar het Westen daalt, bereikt bij Sloten met het oppervlak een diepte van ongeveer 10 tot 14 M ÷ N. A. P. en te Hellevoetsluis en Brielle 20 tot 23 M ÷ N. A. P. Hier en daar dringt het tot in het alluvium door. Een normaal type van bodemgesteldheid geeft een boring te Zoetermeer, waarbij:

Veen van 0,50 tot 4,50 M ÷ N. A. P.
Klei, overgaande in zand van 4,50 tot 11 M ÷ N. A. P.
Tweede laag veen, gedeeltelijk nog gescheiden met klei, van 11 tot 14 M ÷ N.A.P.
Diluvium beneden 14 M ÷ N. A. P.

Deze tweede laag veen, het z.g. veen op grootere diepte, wordt thans in Zuid- en Noord-Holland op diepten van ± 12 M aangetroffen; soms ook dieper b.v. op 19 M te IJmuiden en zelfs op 20—23 M bij Wijk aan Zee.

Het zeekleigebied in het Zuid-Westen van ons land.

Het *laagveen*, dat zich over dit gedeelte achter de duinen heeft uitgestrekt, is door de vorming van zeegaten met zand en klei bedekt. Het veen (derrie) is verschillend naar gelang het in zoet of in brak water is ontstaan. De veen- of derrielaag is gemiddeld 1,5 à 2 M dik en ligt met haar bovenkant in het algemeen iets beneden zeewaterhoogte. Op vele plaatsen ontbreekt de veenlaag geheel. Boven het veen ligt een alluviale laag, veelal uit *klei* en ook uit *zand* bestaande, vooral daar, waar de dikte aanzienlijk is. Men heeft aldaar van boven achtereenvolgens zware, lichte klei, zavel en zand. Beneden het veen vindt men alluviale lagen en ook wel direct diluvium. Beide zijn gekenmerkt door min of meer fijn zand, min of meer gekleurd, met weinig of geen schelpen en daardoor haast niet te onderscheiden. De lagen zijn licht en volkomen doordringbaar voor water. Onder deze laag volgt de *tertiaire laag*, welke van bovenaf te onderscheiden is in:

1. *Schelpgruis* of crag, d.i. kleihoudend zand met een groote menigte heele en verbrijzelde schelpen.
2. *Groenzand*, d. i. zand met zeer veel glaukoniet.
3. *Rupelleem* waarvan het bovenste gedeelte uit vaste klei of leem bestaat en het diepere gedeelte ook uit zandachtige lagen met kalk en glaukoniet.

De bovenkant van de tertiaire laag ligt aan de Belgische grens bij Hulst nabij aan de oppervlakte en helt sterk naar het Noorden, zoodat zij te Goes een diepte van ongeveer 45 M ÷ N. A. P. bereikt.

De bovenvlakken van groenzand en Rupelleem hellen nog sterker. Evenzoo helt de tertiaire laag eenigszins naar het Oosten. Het Rupelleem is ondoordringbaar voor water.

Het zeekleigebied in het Noorden van ons land.

Friesland.

Het Westelijk en Noordelijk gedeelte van Friesland is geheel met *zeeklei* van verschillenden ouderdom bedekt, welke met haar oppervlak niet overal even hoog en van verschillende dikte is.

Achter dit kleigebied ligt een gebied *laagveen*, dat naar het Zuiden één geheel vormt met het laagveen van het N.O. van Overijsel en het N. van Gelderland. De veenlaag, waarvan de grens nog voor een groot deel onder klei ligt, reikt met haar onderkant tot 3 à 4 M ÷ N. A. P. in het Zuid-Westen, bij Sneek tot 6 M ÷ en bij

Dronrijp tot 12 M ÷ N. A. P. Zij rust overal op zand of op *klei*, welke elkaar op sommige plaatsen sterk afwiselen.

In het zeekleigebied bevat het zand onder het veen veel schelpen. Het zand, waarvan de onderste lagen waarschijnlijk van diluvialen oorsprong zijn, rust overal op *keileem*, d. i. een blauwgrijs, soms zwartachtig leem met hoekige en gerolde keiën, vuursteenen en graniet. De dikte is zeer verschillend, 3 tot 10 M, soms meer dan 20 M. Onder de keileem ligt *diluviaal zand*, veelal afgewisseld door kleilagen. Het zand wordt naar beneden grover en scherper en bevat grintlagen, bestaande uit zuiver Rijngrint. Dit diluvium vindt men in Sneek nog op 80 M diepte. Tusschen de genoemde gronden vindt men op vele plaatsen *potklei*, zooals te IJlst op 60 M÷, te Bolsward op 54—62 M ÷ en te Oosterend op 32—76 M ÷ N. A. P. Deze potklei is waarschijnlijk van glacialen oorsprong en in zoet water bezonken. Zij is geheel ondoordringbaar voor water.

Groningen.

Het grootste, aan de zee grenzende gebied van Groningen bestaat uit *zeeklei*, evenals smalle strooken ter weerszijden van den Hondsrug. Dit gebied is zeer verschillend. van aard. Men heeft zware of harde klei, minder vette met hoog zandgehalte, z.g. knipklei en knikklei, d.i. klei in de oudere deelen der zeeklei door plantengroe ontstaan, welke bruinachtig van kleur is en veel ijzerverbindingen bevat.

Het *laagveen* strekt zich ten O. en ten Z. van Groningen uit en sluit zich ten Zuiden van de kleigronden aan de Zuidzijde tegen het zand van het Scandinavisch diluvium of tegen hoogveen aan, waarmede dit diluvium voor een groot deel bedekt is. De laagveengrens strekt zich om Groningen nog tot zekeren afstand onder de klei uit. Ten Oosten van Appingedam ligt de klei op een eigenaardige soort hoogveenvorming, „darg" geheeten. De onderzijde reikt van 1 M ÷ N. A. P. aan de Z. grens tot ongeveer 13 M ÷ N. A. P. dichter naar zee.

Het *diluvium* (Scandinavisch) komt hier en daar aan de oppervlakte. Het bovenste zand zonder leem of keien vormt een deel van den oppervlaktebodem in het Westerkwartier en ligt op de oudere diluviale lagen in laagjes van veelal niet meer dan 1 cM dikte in tegenstelling met het zand, dat leem en keien bevat. Verder vindt men in dit diluvium leem en leemig zand, welke lagen evenals het zand kleine tot zeer groote keien en vuursteenen bevatten en waardoor de Hondsrug en meerdere ruggen gevormd zijn.

Ten Oosten vindt men op de meeste plaatsen in den ondergrond nog *potklei* d.i. zware, zwarte klei in golvend opgebroken lagen en in dikten tot zelfs meer dan 180 M ÷ N. A. P.

Alle bovengenoemde lagen worden gedragen door het onderste, *praeglaçiale zand* in sterk hellende lagen van 3 tot 5 mM dikte, soms grof, meestal fijn en grijs van kleur tengevolge van fijne stukjes bruinkool.

Het Oostelijk langs de Zuiderzee liggend polderland.

Dit land vormt een *laagveen*gebied, dat langs de zee en enkele rivieren met klei is bedekt. Het gebied grenst ten Oosten aan diluviale zand en grintgronden, die er den rechtstreekschen ondergrond van vormen. In den polder Mastenbroek is het veen 4 M dik en in den uitgeveenden Koekoek zelfs tot 8 M.

Het *diluvium* komt op een paar plaatsen als eilandjes aan den dag (Vollenhoven) en bestaat uit zand, leem en keien. *Zeeklei* bedekt de oevers der zee en de kustgronden tot dicht bij Zwolle.

Rivierklei bedekt de randen van het veen tusschen IJsel en Zwarte Water en ligt in strooken langs IJsel en Zwarte Water. Op de rivierklei rustend vindt men *rivierduinen*, ontstaan door samenstuiving van het bij de overstrooming op de oevers geworpen rivierzand.

Het gebied van de Geldersche vallei.

De oorspronkelijke *diluviale zand- en keileembodem* is door het landijs komvormig uitgehold en ligt nu met den bovenkant aan de Zuiderzee op 25 à 28 ÷ N. A. P. te Barneveld op 12,5 à 13,5 ÷ en bij de Klomp op 9 M ÷ N.A.P. Op den bodem dezer kom vindt men een *schelplaag* gemiddeld 1 à 2 M, soms 4 Meter dik. De zuidelijke

grens wordt ongeveer gevormd door den spoorweg tusschen de stations Veenendaal en Ede. Deze schelplaag wordt bedekt door een laag *zeeklei* van verschillende dikte (tot 3 Meter), welke aan de oevers en het zuiden het dunst en in het midden en het noorden dikker is. De bovenkant dezer kleilaag ligt bij Voorthuizen en Barneveld op 7 à 7,5 M ÷ N.A.P., bij Nijkerk op 15,5 ÷ en bij Eemnes op 18,5 M ÷ N.A.P. Er boven ligt op de meeste plaatsen een *veenlaag* van verschillende dikte (tot 3 Meter) hier en daar in 2 tot 3 lagen door fijn zand gescheiden. Deze veenlaag strekt zich nog zuidelijker uit en ligt bij Wageningen met den onderkant van 3 tot 4 M ÷ N.A.P. Boven deze veenlaag is de vallei opgevuld met *zand*, dat op vele plaatsen met fijn grint is vermengd en naar de heuvels in het grintdiluvium overgaat. Op enkele plaatsen vindt men in dit diluvium ook dunne veen- en kleilagen, die waarschijnlijk door den Rijn zijn aangevoerd.

Het rivierkleigebied der groote rivieren (de Betuwe, enz.).

De landen van dit gebied zijn tot zekere diepte opgebouwd uit de vaste stoffen door de rivieren medegevoerd. Het *grint* van den ondergrond is te beschouwen als de ondergrondsche voortzetting van de diluviale heuvels van de Veluwe, waarin de rivier haar bed heeft uitgeschuurd. Zelfs het *zand* zal voor een groot deel ouddiluviaal zand zijn. De door de rivieren medegevoerde slib bestaat uit een innige vermenging van koolzure kalk, kiezelzure aluinaarde, onontleed mineraal en organisch stof. De *Rijnslib* bevat iets meer koolzure kalk en magnesia dan de Maaslib, behalve bij lage Maasstanden. De *Maasslib* bevat meer organische stof en onontleed mineraal. De samenstelling van rivierklei is niet dezelfde als die van rivierslib. De eerste heeft weinig of geen koolzure kalk meer en een veel grooter gehalte aan kiezelzure aluinaarde. De Maasklei bevat meer koolzure kalk.

De Betuwe. *)

Van een diepte van ongeveer 25 M treft men in de Betuwe naar boven achtereenvolgens de volgende lagen aan:

1. *Wit bruinkoolzand*, met den bovenkant ter diepte van 8—14 M ÷ N. A. P. (onder Utrecht op ongeveer 80 M ÷ N. A. P.) en bestaande uit wit kwartszand met enkele zwarte korrels van gemiddeld 0,25 mM diameter, veelal afgerond. Het zand is meestal vermengd met stukjes bruinkool van 2 à 5 mM langsten diameter. Het zand is vrij van koolzure kalk. Verder komen er in voor: weinige micaschilfers van zilverwitte kleur en kleine stukjes veldspaat van grijze kleur. Het bruinkoolzand is een aanslibbing der rivieren (diluviaal) en wel van den Rijn en afkomstig van het Zevengebergte.

2. *Roodgeel- en bont zand*, met het bovenvlak liggende op diepten van N. A. P. tot 12 M ÷ N. A. P. Het zand heeft 0,25 mM groote korrels en dankt zijn kleur aan ondergemengd geel ijzerhydraat en aan een weinig klei. Het bevat geen koolzurekalk, noch organische stof. De bontzandlaag is minder sterk geel en somtijds groen achtig gekleurd. Het zand is zeer fijn van korrel en bevat meer mica.

Beide soorten komen in samenstelling geheel met elkaar overeen en zijn slechts verschillend fijne aanslibbingen van dezelfde zandsoort.

Het zand is afkomstig van de bontezandsteenformatie van Bazel tot Mainz.

3. *Grintlaag*. Deze laag ligt van + 7 M tot 3 M ÷ N.A.P. Zij bevat gruis en keien van den fijnsten korrel tot 6 cM middellijn en kan als een mengsel van uitgewasschen bontzand met grove korrels en keien beschouwd worden.

Onder de keisoorten vindt men:

a. Kwartsen in 4 soorten:

1e Geheel en al eironde, ondoorschijnende witte kwartsen van nootgrootte met gele aderen. Oorspronkelijk vormden zij de onderste laag van het Mainzer bekken tusschen Daun en Kirn, welke laag van miocene vorming is. De graad van afslijting wijst op de lengte van tijd, gedurende welken de klei in het water verkeerd heeft.

2e Onregelmatig gevormde, ondoorschijnende kwartsen met afgeronde kanten en doortrokken met veelvuldig gewonden chlorietschiefer, waardoor zij groenachtige kleur vertoonen. Zij zullen afkomstig zijn uit gesteenten van het Taunusgebergte.

---

*) Ontleend aan het „Verslag omtrent het onderzoek der grondsoorten in de Betuwe", door Dr. F. Seelhelm.

Er behooren ook gele, meer of minder roodachtige (ijzerkiezel) en witte ondoorschijnende kwartsen onder. In het algemeen kan men zeggen, dat deze kwartsen voortgekomen zijn uit de grauwakken-formatie, warschijnlijk de onderste afdeeling. Zij kunnen zoowel door den Rijn als door de Maas zijn aangevoerd.

3e Waterheldere of grijze en roodachtige, doorschijnende kwartsen; zij zijn zeldzaam en waarschijnlijk afkomstig van kwartsgangen en ertsgangen uit de grauwakkenformatie.

4e Hoornsteen in grijze, bruine en groene soorten, afgerond en ook scherpkantig gebroken. Hun oorsprong ligt in de Rijnstreek, waar zij in basalttuf en ook als gangmassa, zelfs in bruinkolenklei voorkomen.

b. Chalcedoon, carneool, achaten en onyx komen enkele malen, somtijds in den vorm van amandelen voor. De oorsprong is een soortgelijke als van de hoornsteen.

c. Vuursteenen, in drie soorten:

1e Lichtblauwgrijze, geheel eirond, afgesleten tot 3½ cM grootte, soms meer dan 1/3 van het geheel in een witte kiezelmassa veranderd, scherp afgebakend tegen het blauwgrijze gedeelte. Zij zijn door de Maas aangeslibd en afkomstig uit de streek van Herzogenrath bij Aken. De Rijn levert geen vuursteenen.

2e Donkergrijze en 3. Gele vuursteenen met witte verweeringskorst in grootten van ½ tot 6 cM met weinig afgeronde kanten of ook scherp gebroken. Zij zijn afkomstig uit de krijtformatie te Maastricht.

d. Halfopaal en hyaliet vindt men slechts enkele malen.

e. Veldspaat alleen in kleine stukjes van ongeveer 3 à 4 mM; vleeschkleurig en rechthoekig gebroken.

f. Graniet, wellicht erratisch of van den Rijn afkomstig, bijv. Ehrenbreitstein.

g. Veldspaatporphier, roodachtig en bruinachtig grijs met duidelijke, rondom ontwikkelde veldspaatkristallen in de dichte felsietgrondmassa. Zij kunnen uit Nassau-afkomstig zijn, waar zij aan de Lahn voorkomen.

h. Lava, stukjes van 1½ à 2 cM met in gelijke richting uitgerekte cellen, enkele stukjes met vulkanische slak. Plaats van afkomst is de Eifelstreek.

i. Vulkanische tuf, afgeronde stukjes van 1½ cM met zwarte ingebrande brokjes ook uit den Eifel of het Brohltal.

j. Puimsteen, wordt in menigte gevonden in afgeronde korrels van 2 à 3 mM vermengd met een grintlaag van 2 M dikte. Waarschijnlijk uit de Rijnbedding bij Düsseldorf.

k. Basalt, trachiet groensteenen, in verschillende soorten. De basalten soms sterk afgesleten. Er zijn compacte en meer grofkorrelige met en zonder olivien en ook met fijne poriën. De trachieten zijn lichtgrijs met vierkante ruimten, waarin veldspaatkristallen gezeten hebben en tevens andere soorten in verschillende tinten. De groensteenbrokjes hebben fijnkorrelige, groengrijze kristallijne grondmassa, en behooren tot de diabasen. Al deze gesteenten komen uit de grauwakkenformatie.

l. Kiezelschiefer, zwarte, bruine, gele en donkergrijze. Zij komen van de Lahn.

m. Kwartsieten en zandsteenen, dikwijls met witte kwartsaderen, uit de grauwakkenformatie. Zij komen in meer dan 40 soorten voor en zijn zeer bekend. De eigenlijke bonte zandsteenen zijn minder bekend; daarvan treft men verscheidene roode, plaatvormige, met mica doortrokken en de meer harde, gewoonlijk Vogezen-zandsteen genoemd, uit de onderste afdeeling van de bonte zandsteenformatie.

n. Grauwakken en schiefers worden als groene, grijze en gele, meer of minder grofkorrelige tot de fijnst lichtgrijze pelithische soorten in tallooze verscheidenheden gevonden.

o. Porcelein-jaspis en peksteen: witte, verkiezelde klei op krijt gelijkend, doch kalkachtig; ook gele en roodachtige, van laagvormige structuur, komen meermalen voor. Eveneens groenachtige, gele en zwarte peksteenen.

p. IJzerkalk wordt zelden gevonden; zij stemt overeen met den mergelachtigen kalksteen van de Bruine Jura in den Breisgau.

Het zand met de grintlaag vermengd bestaat behalve uit kwarts, uit het fijne gruis van bovengenoemde gesteenten. In het gebied van de Betuwe en Veluwe worden geen kalksteenen gevonden.

4. *Alluviale zandlaag*. Deze ligt onmiddellijk op het hellend bovenvlak der genoemde grintlaag, somtijds scherp afgescheiden en zelf bestaande uit lagen van zand, klei en veen afwisselend op elkander volgend. Zij is vuil grijs van kleur, lichter of donkerder naar gelang van het gehalte aan organische stof, bevat meer of minder klei en kalk, maar ook wel eens geheel geen kalk. Het onderscheid tusschen het alluviale en divuliale zand ligt nog meer in de chemische samenstelling. Organische

overblijfselen komen in deze laag betrekkelijk zelden voor, enkele soorten van zoetwaterschelpen uitgezonderd. De dikte van de laag neemt van het Oosten naar het Westen toe.

5. *Klei en leem.* Deze bevinden zich in de 2 tot 6 Meter dikke vette laag boven de alluviale zandlaag en vermengen zich aan den onderkant meestal met die zandlaag. Zij is meestal vrij van kalk en bevat een groot aantal diatomeën, waarvan de teedere bouw meer op een zoetwatervorming wijst. Behalve de alluviale klei komt nog een meer lichtblauwe klei of leem voor, vrij van diatomeën. Dit leem ligt onder de grintlaag en moet dus als diluviaal leem worden beschouwd. Diepte ± 45 tot 55 M ÷ A.P.

6. *Veen* komt hier en daar als lenzen in de klei en in de klei met zand voor. Ten Westen van de lijn Kuilenburg—Zaltbommel komt het veen ten Noorden van de Linge aan de oppervlakte en vormt dan een doorloopende laag, waarvan de dikte tot 8 Meter toeneemt (in de Alblasserwaard). Het veen is voor het meerendeel uit dicotyledonische plantenoverblijfselen gevormd, hoewel ook monocotyledonische bladen en stengels voorkomen, waarbij veel vermolmd hout, waaronder coniferen schijnen te ontbreken.

De scheidingsvlakken der alluviale lagen, en zelfs hier en daar de grintlaag, gaan naar de groote rivieren omhoog.

In de streek ten N. en ten NW. van Heusden vindt men alluvium van gemiddeld 8 Meter dikte bestaande uit klei, fijn zand en eenig veen.

Geologische formatie van den bodem van Java.

Op Java is het voornamelijk de tertiaire formatie, welke de grootste plaats op de geologische kaart inneemt. Van de gesteenten uit het krijttijdperk (kwartschiefers, glimmerschiefers, kleisteenen en kalksteenen) is aan de oppervlakte niet veel meer te vinden en van de granieten en leien komt niets daaraan voor.

Van het *ecoceen* of het oudste gedeelte der tertiaire formatie zijn de kwartszandsteenen en kwartsconglomeraten, zachte leisteenen en kalksteenen overgebleven. Het daarop volgend *mioceen* (oud-, middel- en jong-mioceen) neemt op Java de grootste plaats in. Het oud-mioceen wordt gekenmerkt door veel conglomeraten en brecciën van vulcanisch materiaal met zeer weinig kwarts; het middel-mioceen door zachte mergels en leemleien met belangrijke hoeveelheden kwarts en het jong-mioceen door kalksteen, bestaande uit weinig fossiele foraminiferen gemengd met klei, maar met weinig kwarts vormen bovengenoemde gesteenten dez.g. sedimentaire gesteenten uit de tertiaire periode. De vulcanische gesteenten bestaan uit oudere (diabaas en gabbro) en jongere (andesieten en basalt.

Het *kwartair* en *novair* van Java bestaat uit los gebleven massa's, die zich afgezet hebben (vulcanisch gruis) en uit zeeklei. De splitsing in kwartair en novair is vrijwel denkbeeldig, al wordt zij op een hoogtelijn van 10 Meter bepaald. De als zoodanig uiteengehouden typische verschillen van den rooden en grijzen grond zijn geen ouderdomsverschillen, maar aan het verschil van verweering boven of onder water toe te schrijven.

Hydrographische gegevens.

Litteratuur.

Nederland:

Waterbouwkunde door Henket c. s. Deel II. Afd. Rivieren f 10.75, geb. f 15.75 Afd. Waterstaatkundige beschrijving f 20.80, geb. f 25.80.

Verslag van de Staatscommissie, benoemd bij K.B. van 5 Mei 1893 tot het instellen van een onderzoek omtrent Bevloeiingen met atlas f 15.—.

A. A. Beekman. Nederland als polderland. 2de druk 1915, f 7.—.

Overzicht der scheepvaartwegen in Nederland. Jaarlijksche uitgave.

Tienjarig overzicht der waargenomen waterhoogten langs de Nederlandsche hoofdrivieren, f 6.50.

Afvoer van rivieren in het algemeen.

Bij den afvoer van rivieren onderscheidt men:

Q_0 = de absoluut kleinste hoeveelheid, die ooit is voorgekomen en gelijk nul kan zijn.

Q_1 = de gewone kleinste hoeveelheid of het rekenkunstig gemiddelde van de geringste afvoeren in een lange reeks van jaren. (Voor Ned. Indië de gemiddelde Oostmoessonafvoeren.)

Q_2 = de gewone, meest voorkomende waterhoeveelheid gemiddeld uit een lange reeks jaarlijksche waarnemingen met weglating van de kortdurende wassen. (Voor Ned.-Indië de gemiddelde Westmoessonafvoeren.)

Q_3 = de grootste afvoer als gemiddeld uit een reeks van jaren.

Q_4 = de grootste hoeveelheid enkele malen met groote tusschenpoozen waargenomen.

Beschikt men niet over een groot aantal peilschaalwaarnemingen, doch wel over gegevens van regenstations, dan kan men uit den gemiddelden jaarlijkschen regenval volgens Iszkowsky gebruik maken van de volgende formules, welke hij uit een schat van waarnemingen omtrent verschillende Duitsche rivieren heeft afgeleid, hoewel aan de uitkomsten natuurlijk eenige nauwkeurigheid moet worden ontzegd, daar de jaarlijksche regenval geen voldoende maat geeft voor de grootte der afvoeren en deze voor verschillende perioden in verschillende landen zeer uiteenloopend is.

Noemt men Q_m den gemiddelden afvoer, afgeleid uit den gemiddelden regenval over een aantal jaren, dus de totale hoeveelheid regen gedeeld door het aantal seconden, vermenigvuldigd met een afvoercoëfficiënt

$$Q_m = 0{,}031\,71\ C_m h F$$

waarin C_m de afvoercoëfficiënt, die voor verschillende gevallen verschillend is,

h de gemiddelde jaarlijksche regenval in Meter.

F het oppervlak van het stroomgebied in KM^2.

dan is volgens Iszkowsky

$$Q_0 = 0{,}2\ n\ Q_m$$

$$Q_1 = 0{,}4\ n\ Q_m$$

$$Q_2 = 0{,}7\ n\ Q_m$$

waarin n afhankelijk van verschillende invloeden (aard van den bodem, plantengroei, omvang van het stroomgebied, verdeeling van den regen) en varieerende van 0,3 (of 0 in kaal gebergte) tot 1,5 (wanneer de rivier door meren gevoed wordt). Voor doorlatende grondsoorten is n kleiner en neemt met de begroeiing toe.

Verder is $Q_3 = C_h\ m h F$

waarin C_h een coëfficiënt afhankelijk van den topographischen toestand van het terrein, doorlaatbaarheid, begroeiing van den bodem, enz.

m een modulus afhankelijk van de grootte van het gebied, varieerend van 1 voor $F = 250\,000\ KM^2$ tot 10 voor $F = 1\ KM^2$.

Zuiverder bepaling van den afvoer bij hooge standen krijgt men met de formule van Lauterberg, uit waarnemingen in Zwitserland afgeleid en welke uitgaat van
1) den grootsten regenval over een belangrijken tijdsduur (50 mM per etmaal gedurende 4 dagen) = H_1 in Meters per seconde.
2) den grootsten waargenomen regenval per etmaal (250 mM) = H_2 in M per sec.
3) den grootsten regenval gedurende één uur van een slagregen (2,1 mM per minuut) = H_3 in M per sec.

Elk der opgegeven hoogten H_1, H_2 en H_3 wordt vermenigvuldigd met een reductiecoëfficiënt γ_1, γ_2 en γ_3, welke van F afhankelijk is, en wel stelde hij

$$\gamma_1 = \frac{7}{6 + 0,001\ F} + 0,006$$

$$\gamma_2 = \frac{114}{115 + 0,05\ F} + 0,007$$

$$\gamma_3 = \frac{32}{31 + F}$$

Is q het water, dat te voren reeds in de rivier was en f het oppervlak in KM² van den gletscher, dan zijn volgens hem drie waarden voor den grootsten afvoer mogelijk, waarbij het afhangt van de grootte van F, welke de grootste is, nl.:

$$Q_3' = q + \gamma_1 H_1 F + 0,20\ f$$
$$Q_3'' = q + \alpha\ \gamma_2 H_2 F + 0,12\ f$$
$$Q_3''' = q + \alpha\ \gamma_3 H_3 F + 0,05\ f$$

waarin α een afvloeiingscioëfficiënt, waarvan in het geval van den vierdaagschen regen afgezien kan worden, als men H_1 met $1^2/_3$ vermenigvuldigt. De coëfficiënt varieert van

α = 0,41 voor zeer doorlatende gronden.
„ = 0,52 „ middelmatig „ „
„ = 0,62 „ niet doorlatende „

Door den ingenieur Melchior is op dergelijke wijze door middel van graphieken de afvoer van rivieren in Indië afgeleid.

Afvoeren en stroomgebieden van rivieren in ons land.

RIVIER	Stroomgebied KM²	Afvoer in M³ per seconde bij			Maxim. afvoer in M³ per sec. per KM²	Aanmerkingen
		Laagsten stand	Middelbaren stand	Hoogsten stand		
Rijn te Lobith. . .	156 750	810	2 200	10 500	0,067	*bij laagsten stand.
Waal te Hulhuizen . .		605	1 525	6 000		§bij gemiddelden en hoogsten stand.
Neder-Rijn te Arnhem . . .		160	450	2 300		†bij hoogsten stand.
Geldersche IJssel te Westervoort .		55	225	1 750		
Maas aan de grens	20 000	35	190	2 200	0,110	
te Venlo	25 000	30		2 650	0,106	
te Oyen				1 600		
Roer aan den mond	§ 2 192	5,250	20,800	242	0,110	
Niers aan den mond	§ 1 283	3,400	6,500	103,500	0,081	
Oude IJssel . . .	§ 1 179	1,000	8,100	110	0 093	
Overijsselsche Vecht	* 2 850	1,400				
aan de	§ 3 765		28,300			
Berkumerbrug	† 3 756			335	0,089	

RIVIER	Stroomgebied KM²	Afvoer in M³ per seconde bij			Maxim. afvoer in M³ per sec. per KM²	Aanmerkingen
		Laagsten stand	Middelbaren stand	Hoogsten stand		
Regge	* 1 036	0,290				
	§ 1 258		6			
	† 1 249			108	0,087	
Dinkel	* 379	0,250				
aan de benedengrens	§ 501		3,450	16,200	0 032	
Loolee	* 261	0,160				
boven het	§ 288		2,840	40	0,103	
Hagenvonder	† 387					
Hollandergraven	* 239	0,050				
boven kanaal	§ 261		1,600			
Zwolle-Almelo	† 358			30	0,084	
Nieuwe Graven	* 260	0,070				
aan den mond	§ 313		2,700			
	† 325			32,400	0,099	
aan den mond	* 468	0,150				
	§ 628		4,300			
	† 732			62	0,084	
Nieuwe Wetering bij Zwolle **	§ 461	0,100	3,250	23,250		**Hierbij komt nog water van het kanaal Zwolle-Almelo.
Soestwetering aan den mond	§ 183	0,030	1,280	10,200	0,055	
Schipbeek	§ 353	0,100	2,500			
aan den mond	† 467			36,500	0,078	
Berkel	§ 769,5	0,710				
aan den mond	† 536		4,250	40,500	0,076	
Grift	* 485	0,400				
aan den mond	§ 510		3,750	30	0,059	
Barneveldsche beek aan de stadsgracht te Amersfoort	§ 464	0,200	1,825	19,500	0,042	
Eem bij Eembrugge	§ 928	1,500	6,800	48,500	0,052	
Mark boven den mond der Laakvaart	§ 875	1,450	5,050	53,500	0,061	
Aa of Weerijs aan den mond	§ 288	0,500	2,450	29	0,101	
Donge te Geertruidenberg	§ 269	0,300	1,600	20	0,074	
Dommel aan den mond	§ 1813	1 750	13,1000	118,500	0,065	
Aa aan den mond	§ 875	1,100	4,300	57	0,065	
Neerbeek aan den mond	§ 351	0,525	1,750	10,500	0,033	
Swalm aan den mond	§ 254	0,215	1,850	10,500	0,041	
Oude Maas aan den mond	§ 433	0,500	1,750	19	0,044	
Geul aan den mond	§ 399	1,500	3,200	48	0,141	

Afvoeren en stroomgebieden van rivieren in Ned.-Indië.

RIVIER	Stroom-gebied KM²	Afvoer in M per seconde bij			Maxim. afvoer in M³ per ces. per KM²
		Laagsten stand	Middelbaren stand	Hoogsten stand	
Java					
Solorivier bij Bodjenegoro . .	15 000	9		2 300 (Q_3)	0,153
Kediririvier of Brantas bij Melirip	9 648	80 (Q_1)		1 300 (Q_3)	0,134
Porrongrivier . . .	797				
Tjimanoek te Doetamati . .	3 331	12 (Q_0)		730 (Q_3) 900 (Q_4)	0,268
Pekalen	184	6 (Q_0) 12 (Q_1)		318 (Q_3) 550 (Q_4)	2,990
Semarang-rivier bij Simongan . . .		1,20 (Q_0)	20		
Tji Liwong bij Batavia		8	15	250	
Kali Krokot bijBatavia		4	5	100	
Tjioedjoeng bij Rangkosbetoeng	1 342	15 (Q_1)	40 (Q_2)		
Pendil bij Pekalen-hoofdleiding	23			109 (Q_4)	4,740
Sampean bij Sitoebondo (1877—78) .	1 196			2 075 (Q_4) 1 788 (Q_3)	1,735
na 1890				500	
Pategoean rivier bij Winong	45			130 (Q_3)	2 890
Kedoeng-Larangan bij Bekatjak . . .	145			330 (Q_4)	2,280
Kambeng bij dessa Kambeng . . .	10,5			51 (Q_4)	4,860
Pemali bij Notok. .	887			963 (Q_4) 740 (Q_3)	1,090
Progo bij Badran (prise d'eau) . .	482			346 (Q_4) 305 (Q_3)	0,720
Tangsi te Krassak .	60			247 (Q_4) 148 (Q_3)	4,120
Serang te Ledadi. .	845			2 000 (Q_4) 1 500 (Q_3)	2,370
Idem bij de samenvloeiing met de Loesi	893				
Loesi bij de samenvloeiing met de Serang	2 058				
Joana-rivier boven den grooten postweg naar Rembang	1 275				
Toentang te Glapan.	620			1 080 (Q_4) 650 (Q_3)	1,740
Sragi te Gintoeng .	134			258 (Q_4)	1,930
te Gambiro .	185			332 (Q_4)	1.790
Genteng te Kesessi .	178			1 280 (Q_4) 800 (Q_3)	7,190
Tjomal te Pajong .	543			1 500 (Q_4) 800 (Q_2)	2,760
Waloeh te Soengapan	109			700 (Q_4)	6,420
Tjatjaban te Djatilata	81			592 (Q_4) 400 (Q_3)	7,310

RIVIER	Stroomgebied KM²	Afvoer in M³ per seconde bij Laagsten stand	Middelbaren stand	Hoogsten stand	Maxim. afvoer in M³ per sec per KM²
Babakan te Tjisadap	74			448 (Q_4) 300 (Q_3)	6,050
Kaboejoetan te Nambo	76			525 (Q_4) 400 (Q_3)	6,910
Djengkellok te Tjibendoeng . .	150			658 (Q_4) 400 (Q_3)	4,380
Djogonalen . . .	31			60 (Q_4)	1,940
Serajoe te Gintoeng	134			283 (Q_4)	2,100
Sumatra					
Batang Arau (Padang)	168	2		780	4,640

Rivierstanden.

L. W. of *laagwaterstand* is de laagste waterstand in een waterloop, welke op grond van waterstandswaarnemingen bij ongestoorden afvoer te verwachten is. Deze waterstand behoeft niet hoofdzakelijk de laagste stand te zijn, welke wel eens is voorgekomen.

H. W. of *hoogwaterstand* is op gelijke wijze de hoogste waterstand, welke op grond van waterstandswaarnemingen bij ongestoorden afvoer kan worden verwacht.

M. W. of M. R. of *middelbare waterstand* is het arithmetisch gemiddelde van de dagelijks waargenomen waterstanden en wordt als de normale waterstand beschouwd.

M. Z. W. of *middelbare zomerstand* is de middelbare waterstand voor de zes zomermaanden Mei—October en M. W. W. of *middelbare winterstand* voor de zes wintermaanden.

Bij de hiervolgende gegevens is M.R. de gemiddelde stand gedurende de zes zomermaanden, gerekend van den 1en Mei tot den 31sten October. Evenzoo geven M. V. en M. E. voor datzelfde tijdvak respectievelijk den middelbaren vloed en de middelbare eb aan.

In de kolom van M. R., M.V., en M.E., voor het tijdvak 1901--1910, is voor alle plaatsen, gelegen aan riviervakken, waar de invloed van de op 4 Juni 1904 tot stand gekomen scheiding van Maas en Waal zich in belangrijke mate doet gevoelen, M. R. enz., aangegeven voor de jaren 1905—1910; deze standen zijn door een * teeken aangegeven.

Rivierstanden in Nederland.

RIVIEREN	PLAATSEN	Rivierstand over 1891—1900 in N. A P. Hoogste	Rivierstand over 1891—1900 in N. A P. M. R. of M. V. en M.E. 1 Mei — 1 Nov.	Rivierstand over 1891—1900 in N. A P. Laagste	M. R. 1871-80 in A. P.	M. R. 1891-1900 in A. P.	M.R., M V. en M. E. t. o. v. N. A. P. 1901-1910	Hoogst voorgekomen stand bij open water in A. P. *	Laagst voorgekomen stand in N. A. P. §	OPMERKINGEN
Boven-Rijn	Keulen	43,57	38,46	36,00	38,83	38,37	38,50	44,79	36 52**	§ In hettijdvak 1850—1912. ** 20 Sept1911 §§ 21 Sept.1911 * De vetgedrukte getallen in de kolom voor de hoogste standen zijn t. o. v. N. A. P. en voorgekomen 13—14 Januari 1916. (a) Na 1 Mei 1890 Mond der Donge.
	Emmerik	17 27	11,97	9,74	12 51	12,13	12,19	17,69		
	Lobith	15,40	10,83	8,84		11,12	10,97	—	8,71§§	
Waal	Hulhuizen	14,41	10,15	8,19	10,57	10,37	10,22	15,42		
	Nijmegen	12,55	8,59	6,77	8,85	8,67	8,61	13,50	6,53§§	
	Dodewaard	10,42	6,68	4,71		6,84	6,65			
	Tiel	8,91	5,11	3,32	5,80	5,33	5,07	9,89		
	St. Andries	8,15	3,87	2,04		3,92	3,92			
	Bommel	6,48	2,92	1,18	3,56	3,09	3,02* 2,91*	7,25		
	Herwijnen	5,21	2,12	0,63		2,39 2,08	2,17* 1,76*			
Boven- en Beneden Merwede.	Gorinchem	4,00	1,54 0,77	0,31	1,85	1,65 0,88	1,64* 0,71*	4,86	0,18	
	Hardinxveld		1,43 0,37		1,62	1,55 0,49	— —	**3,65**		
	Steenenhoek	3,16	1,36 0,17	0,24	1.56	1,48 0,29	— —			
	Dordrecht	2,96	1,19 — 0,44	—0,02	1.33	1,38 — 0,25	1,22 — 0,46	**3,43**		
Boven- en Nieuwe Merwede, Amer, Holl. Diep.	Werkendam	3,55	1,41 0,32	0,20	1,62	1,50 0,41	1,47* 0,26*	3,63		
	Kop van 't Land	3,02	1,27 — 0,33	0,02		1,36 — 0,24	1,36* — 0,28*			
	Deeneplaat	3.24	1,23 — 0.61	—0,04	1,38	1,51 — 0,33	1,23* — 0,66*	**3,40**		
	Keizersveer (a)	2,95	1,01 — 0,60	—0,26		1,15 — 0,46	1,17* — 0,22*	**3,14**		
	Moerdijk	3,43	1,22 — 0,73	—0,06	1,38	0,46 — 0,55	1,29* — 0,71*	**3,60**		

RIVIEREN	PLAATSEN	Rivierstand over 1891—1900 in N. A. P. Hoogste	M. R. of M. V. en M.E. 1 Mei —1 Nov.	Laagste	M. R. 1871—80 in A. P.	M. R. 1891-1900 in A. P.	M.R., M.V. en M. E. t. o. v. N. A. P. 1901-1910	Hoogst voorgekomen stand bij open water in A. P. *	Laagst voorgekomen stand in N. A. P. §	OPMERKINGEN
Neder-Rijn en Lek.	Pannerden. .	13,91	10,06	8,13	10,40	10,30	10,08	41,91	7,78	
	Arnhem . .	12,50	8,77	7,18	9,04	9,01	8,78	13,30	6,35	
	Lekskensveer	10,48	6,99	5,42	7,23	7,09	7,12			
	Grebbe. . .	9,66	6,13	4,69	6,35	6,19	6,24	10,71		
	Wijk- bij Duurstede. . .	7,28	4,12	2,62	4,48	4,16	4,14	8,32		
	Kuilenburg .	6,15	2,94	1,61	3,29		2,89	7,25		
	Vreeswijk. .	5,15	1,95	0,72	2,47	2,09	1,93 1,75	6,44	0,54	
	Jaarsveld . .	4,17	1,53 1,29	0,33	1,83	1,69 1,45	1,48 1,07	5,83		
	Schoonhoven.	3,06	1,20 0,46	—0,05	1,41	1,37 0,63	1,20 0,21	**3,46**		
	Krimpen a/d Lek . . .	2,74	0,98 —0,41	—0,31	1,20	1,45 0,06	1,05 — 0,41	**3,35**		
Holl. IJsel .	Gouda . . .	2,84	1,03 —0,58	—0,40	1,12	1,13 — 0,48	1,06 — 0,59	**3,34**		
	Rotterdam .	2,78	0,88 —0,51	—0,24	1,03	1,12 — 0,27	0,91 — 0,50	**3,31**		
Nieuwe Maas	Vijfsluizen	2,73	0,81 —0,59	—0 25	0,91	0,99 — 0.41	0,82 — 0,57			
	Maassluis (*b*).	2,77	0,82 —0,61	—0,48	0,88	0,98 — 0,45	0,80 — 0.60			(*b*) Voor 1897 tegenoverMaassluis op Rozenburg.
	Hoek v.Holland (worteleinde dam)	2,68	0,81 —0,73	—0.36	1.02	1,05 — 0,49	0 84 — 0,71			

RIVIEREN	PLAATSEN	Rivierstand over 1891—1900 in N. A. P. Hoogste	Rivierstand over 1891—1900 in N. A. P. M R of M. V. en M.E. 1 Mei — 1 Nov.	Rivierstand over 1891—1900 in N. A. P. Laagste	M. R. 1871—80 in A. P.	M. R. 1891-1900 in A. P.	M.R., M.V. en M. E. t. o. v. N. A. P. 1901-1910	Hoogst voorgekomenstand bij open water in A. P.*	Laagst voorgekomenstand in N. A. P. §	OPMERKINGEN
Geld. IJsel .	Westervoort(br)	12,92	9.16	7,19	9,42	9,31	9,07	13,92	7,00	
	Doesburg . .	9,95	7,03	4,91	7,26	7,19	7,05	10,60	4,59	
	Zutphen . .	7,98	4,53	2,79	4,71	4,68	4,58	3,83	2,20	
	Deventer . .	6,32	3 15	1,58	3,39	3,31	3,22	7,36	0,92	
	Wijhe . . .	4,78	1,69	0,34	1,93	1,92	1,76	5,83		
	Katerveer. .	3,40	0,68	—0,49	1,00	0,86	0,75	4,27	0,97	
	Kampen . .	2,38	0,13	—0,92	0,51	0,37	0,16	2,29		
Zwarte water	Zwolle . . .	2,58	0,06	0,97		0,24	0,05			
	Hasselt. . .	2,53	0,02	—0,93		0,25	0,03			
	Kraggenburg.	2,83	0,19 —0,13	—1,40		0,50 0,18	0,19 —0,13	**3,40**		
Oude-en Brielsche Maas. .	Puttershoek .	2,96	1,10 —0,58	—0,13	1,20	1,29 —0,39	1.11 —0,58	**3,20**		
	Spijkenisse.	2,65	0,84 —0,62	—0,25	0,99	1,04 —0,42	0,87 —0,57	**3,38**		
	Brielle . . .	3,02	0,87 —0,63	—0,29	0,93	0,97 —0,53	0,89 —0,67	**3,50**		
Noord en Dordt. Kil.	Alblasserdam.	2,78	1,09 —0,39	—0,06		1,26 —0,22	1,11 —0,43	**3,48**		
	Willemsdorp	3,25	1,16 —0,75	—0,10		1,36 —0,55	1,20 —0,76			
Maas . . .	Visé boven de stuw. . .	51,87	50,31	47,46		50,49	50,55			
	beneden de sluis		47,60							
	Maastricht (brug) . .	45,81	41,73	40,86	42,87	41,92	41,83		41,35**	** 14 Sept.1911
	Roermond .	19,16	14,51	13,65	15,21	14,82	14 62	46,70		
	Venlo . .	16,14	9,32	8,29	9,94	9,64	9,61	20,23	8,08§§	§§ 16 Sept.1911
	Mook . . .	12,08	6,00	4,98		6,12	6,43	17,54		
	Grave . . .	10,80	5,47	4,46	5,82	5,52	6,10*	11,05	4,32*§	*§ 21 Sept.1911
	Megen . . .	8,62	4 06	3,00	4,44	4,12	4,64*			

RIVIEREN	PLAATSEN	Rivierstand over 1891—1900 in N. A. P.			M. R. 1871—80 in A. P.	M. R. 1891-1900 in A. P.	M.R., M.V. en M. E. t. o. v. N. A. P 1901-1910	Hoogst voorgekomenstand bij open water in A. P.*	Laagst voorgekomenstand in N.A P §	OPMERKINGEN
		Hoogste	M. R. of M. V. en M.E. 1 Mei — 1 Nov.	Laagste						
Maas . . .	St. Andries .	7,28	2,30	1,28	2,89	2,35	2,48*	8,16		
	Hedel . . .	5,91	1,70	0,66		1,89	1.48* 1,18*			
	Hedikhuizen .	5,30	1,72 1,43	0,52	2,26	1,92 1,63	1,26* 0,84*	6,39		
	Heusden . .	5,00	1,65 1,31	0,64	2,09	1,77 1,43	— —	6,05		
	Woudrichem	4,27	1,58 0,92	—0,40	1,98	1 70 1,04	— —	5,23		
	Mond der Donge						1,15* —0,39*	**3,14**		
	Lage Zwaluwe						1,23* —0,72*			
	Andel . . .						1,29* 0,70*			

Getijden.

Litteratuur.

G. H. Darwin. The Tides. London. John Murray.
Dr. J. v. d. Stok. Wind, weather, currents in the Indian Archipelago. Uitgave Meteor. Inst. te Batavia. Deel III.
J. E. de Meyier. De getijden in den Indischen Archipel. Tijdschrift v. h. K. I. v. I. van Ned. Indië 1900—1901, bijlage D.
Jhr. F. L. Ortt. Over den vorm en den oorsprong der getijgolven. Tijdschrift K. I. v. I. 1895—96, bldz. 115.
Prof. Dr. Börgen. Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen. Berlin 1885.
Dr. J. v. d. Stok. Tijdschrift K. I. v. I. 1890—91.
P. Joh Smits. Harmonische Analyse der Watergetijden. Uitgave Kon. Met. Observ. te Batavia. Jav. Boekhandel en Drukkerij, 1910.
A. P. Melchior. Gang van eb en vloed te Batavia. Tijdschrift Ned. Ind. van het K. I. v. I. 1884, bldz. 15 en notulen 1884, bldz. 3.

Theorie.

De waterspiegel van de zee is aan periodieke schommelingen onderhevig. Deze schommelingen van de watermassa zijn het gevolg van de aantrekking van de hemellichamen maan en zon en in het bijzonder van de eerste.

Door de draaiende beweging van de maan om de aarde of liever van beide om haar gemeenschappelijk zwaartepunt, ontstaat een centrifugaalkracht, die gelijk en tegengesteld is aan de onderlinge aantrekking van beide hemellichamen in hun geheel.

Deze centrifugaalkracht over alle deeltjes van de aarde verdeeld, zal niet voor elk deeltje gelijk zijn, omdat de naar de maan toegekeerde deelen sterker worden aangetrokken dan de van de maan afgekeerde. In Fig. 1 is geschetst, volgens Darwin, hoe de resultante van centrifugaalkracht en aantrekking, over het aardoppervlak verdeeld en ongeveer gericht is. Het is alleen de kracht volgens de raaklijn aan het oppervlak gericht, welke beweging van de waterdeelen ten gevolge kan hebben. De feitelijke getijverwekkende kracht is dus nul onder het hemellichaam en in die punten, welke 90° en 180° daarvan verwijderd liggen en het grootst op de plaatsen die 45° en 135° van het punt, dat het hemellichaam in het zenith heeft, verwijderd liggen.

De aantrekking, welke twee hemellichamen (aarde en maan) op elkaar uitoefenen is, als m en m_1 hun massa's voorstellen en de onderlinge afstand R is:

$$k = f\,\frac{m\,m_1}{R_2}$$

terwijl de versnelling, die de aantrekking der aarde op een lichaam aan de aardoppervlakte mededeelt, als r de aardstaal voorstelt, gelijk is aan:

$$g = \frac{f\,m}{r_2}$$

zoodat door deeling blijkt: $k = g\,\frac{r_2}{R^2}\,m_1$

en daar $m_1 = 1/80$ m en $R = 60$ r, wordt

$$k = \frac{1}{80} \times 1/60^2\,mg = \frac{1}{288\,000}\,mg.$$

De versnelling der vaste aardkorst in de richting van de maan bedraagt dus

$$\frac{k}{m} = 1/80 \times \frac{r_2}{R^2} \times g = a_1.$$

Voor de versnelling van een watermassa aan de oppervlakte van de aardkorst, welke zich dus hoogstens op een afstand *r* dichter bij de maan bevindt op het naar de maan toegekeerde deel der aarde, vindt men op soortgelijke wijze

$$a_2 = 1/80 \times \frac{r^2}{(R-r)^2} \times g.$$

De grootste versnelling, die dus een watermassa aan de oppervlakte der aarde kan krijgen ten opzichte van de vaste aardkorst is

$$a_2 - a_1 = \frac{1}{80} \times \frac{r^2}{(R-r^2)} \times g - \frac{1}{80} \times \frac{r^2}{R^2} \times g \text{ of } a_2 - a_1 =$$

$$= \frac{r^2}{80} \times g \times \left\{ \frac{1}{(R-r)^2} - \frac{1}{R^2} \right\} = \frac{r^2}{80} g \frac{2R\,r - r^2}{(R-r)^2 \times R^2}$$

Daar r klein is ten opzichte van R (R = 60r) kan bij benadering hiervoor gezet worden:

$$a_2 - a_1 = \frac{r^2}{80} \times g \times \frac{2Rr}{R^2 \times R^2} = \frac{r^2}{80} \times g \times \frac{2r}{R^3}$$

$$a_2 - a_1 = \frac{2r^3}{80\,R^3} \times g = \frac{2}{80 \times 60^3} g = \frac{1}{8\,460\,000} g.$$

Beschouwt men een equatoriaal kanaal (Fig. 2), draaiende volgens den aangeduiden pijl, dan zal in een punt tusschen C en D de aantrekkingskracht een grootere tangen-

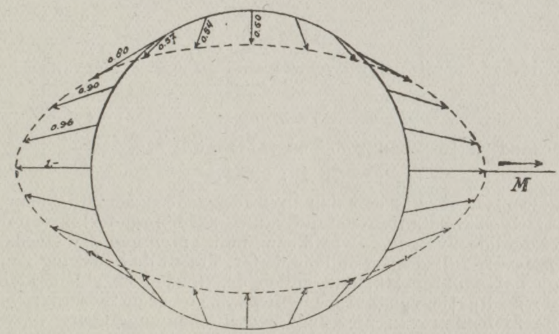


Fig. 1,

tiaal ontbondene geven dan de afgekeerde centrifugaalkracht. Het verschil is een kracht, gericht volgens de raaklijn naar lijn A C M toe. Tusschen de punten A en D ontstaat ook een tangentiale resultante naar de lijn A C M toe. In het kwadrant B C (of D A) werkt dan op een waterdeel, komende van B (of D,) een steeds toenemende versnellende kracht tot 45°, deze wordt dan minder en doordat deze kracht op het deeltje, dat in C (of in A) aan komt het langst heeft gewerkt, zal de snelheid in deze punten het grootst zijn. Volgens deze theorie zal, doordat het water sneller uit- dan instroomt, in deze punten onder het hemellichaam gelegen, laag water zijn. In de punten D en B zal het daarentegen hoog water zijn. De grootste tangentiale versnelling komt voor op 45° en is gelijk aan 3/4 van de versnelling behoorende bij de grootste kracht in Fig. 1 voorgesteld en gelijk aan

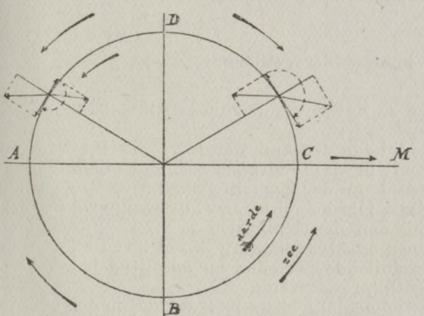


Fig. 2

$$\tfrac{3}{4} \times \frac{1}{8\,640\,000} g = \frac{1}{11\,520\,000} g.$$

In elk kwadrant is het water 6,2 uur onder den invloed of neemt men de helft van de kracht als gemiddelde, dan is de gemiddelde snelheid ten opzichte van de aarde

$$v = \text{tijd} \times \frac{\text{massa}}{\text{kracht}} = \frac{6{,}2 \times 3600 \times 9{,}8}{2 \times 11\,520\,000} = 0{,}0095 \text{ M.}$$

zoodat een waterdeel in dien tijd van 6,2 uur hoogstens een weg van 200 M kan afleggen ten opzichte van het aardoppervlak.

De levende kracht midden in den Oceaan aan 1 M^3 water (1022 KG) medegedeeld, zou dan bedragen

$$\tfrac{1}{2}\ mv^2 = \tfrac{1}{2} \times \frac{1022}{9{,}8} \times 0{,}0095^2 = 0{,}0047 \text{ arbeidseenheden.}$$

Deze kracht hoopt aan alle waterdeelen van den Oceaan een aanzienlijk arbeidsvermogen op, dat bij tegenstand op ondiepten, steile oevers en kusten een anderen vorm aanneemt.

De invloed van de zon is kleiner dan die van de maan, want hoewel de massa 319 500 maal die der aarde is, is de afstand van de aarde tot de zon 23 134 aardstralen. Men krijgt hier voor de grootste versnelling in de richting van de zon

$$\frac{g}{19\,374\,000}$$

en voor de grootste tangentiale getijverwekkende kracht $\frac{3}{4}$ hiervan of

$$\frac{g}{25\,832\,000}$$

zoodat de verhouding tusschen zons- en maansgetij is

$$1 : 2{,}241.$$

Was de watermassa slechts aan den invloed van één hemellichaam onderhevig en bewoog dit zich op constanten afstand van de aarde in het vlak van den equator, dan was het verschijnsel van eb en vloed eenvoudig; men had dan steeds gelijkmatig en bij gelijke tijdsverschillen hoog en laag water. Treedt de beweging van het hemellichaam buiten het equatorvlak, dan zullen de vloeden en ebben kleiner worden naar gelang de declinatie van het hemellichaam toeneemt. Verder versterken of verzwakken de invloeden van meerdere hemellichamen elkaar.

Men verkrijgt een versterking der invloeden van zon en maan gedurende volle en nieuwe maan (syzygiën) de z.g. gier- of springtijden. Gedurende de kwartieren verzwakken de beide werkingen elkaar. Evenzoo zijn gedurende de nachteveningen, wanneer de maan in haar perigeum en zeer nabij den equator is, de getijden het sterkst.

De kusten en plaatselijke omstandigheden oefenen verder een standvastigen invloed uit op het verschijnsel.

Harmonische analyse der getijden.

Door alle bovengenoemde invloeden is het getijverschijnsel dikwijls zeer ingewikkeld.

De harmonische analyse doet het middel aan de hand, om de getijkromme in eenvoudige factoren te ontleden. Men neemt bij deze methode aan, dat elke afwijking van den bovenbedoelden regelmatigen loop der hemellichamen, vervangen kan worden door den invloed van een denkbeeldig hemellichaam, dat eenparig beweegt in een cirkelvormige baan, evenwijdig aan den equator.

Elk van deze fictieve sterren roept een enkelvoudig getij in het leven en de combinatie van al deze getijden van verschillende perioden en amplituden moet ten slotte de wezenlijk waargenomen getijlijn opleveren.

De getijlijn, welke bij een bepaald fictief hemellichaam behoort, dat in den equator op een constanten afstand van de aarde beweegt, wordt voorgesteld door

$$y = A \operatorname{Cos}\ (nt - C)$$

waarin y de waterhoogte op een bepaalde plaats en een bepaald uur ten opzichte van den gemiddelden zeestand,
A de amplitude of grootste hoogte boven den gemiddelden waterstand,

t de tijd, die verloopen is, sedert het bijbehoorend hemellichaam den meridiaan van de plaats gepasseerd is en
n de snelheid.

Voor het dubbeldaagsch zonsgetij is dus de snelheid $\frac{360°}{12} = 30°$ en voor het dubbeldaagsche maansgetij is de snelheid $\frac{360°}{12.4} = 28,°984$.

De grootheid C of „kappagetal'' is een constante of wel de tijd in hoekwaarde uitgedrukt, welke op de beschouwde plaats verloopt tusschen het oogenblik van doorgang van het hemellichaam door den meridiaan en dat, waarop het hoogwater werkelijk wordt waargenomen (dus volgens de vermelde theorie C = 90°, maar voor de werkelijkheid daarvan afwijkend).

De partieele getijverwekkende krachten worden internationaal door vaste letterteekens aangeduid.

De hoofdgetijden van zon en maan afkomstig en 2 maal daags optredend, zijn S_2 en M_2 De elliptische beweging van de maan wordt in rekening gebracht door het aannemen van een dubbeldaagsch getij N; de invloed van de declinatie van beide hemellichamen geeft aanleiding tot een dubbeldaagsch en een enkeldaagsch zonsmaansgetij K_2 en K_1 terwijl voor elk lichaam afzonderlijk nog een enkeldaagsch getij O voor de maan en P voor de zon optreedt, en zoo zijn er nog andere afzonderlijke enkelvoudige getijden denkbaar. De voornaamste volgen hieronder:

Partieele getijden.	Periode in uren	Snelheid per uur	Phaseverandering. t. o. v de Zon in 24 uur = S	Omschrijving
M_2	24,8412	2 (g—s) = 28°,984 104 2	24°,381 499 2	Dubbeld. Maansgetij
S_2	24,—	2 (g—e) = 30°	0°,—	Dubbeld. Zonsgetij
N	25,3167	2 g—3s—p = 28°,439 729 6	37°,446 489 6	Dubbeld. Maans ellipt. getij
K_2	23,9345	2g = 30°,082 137 2	1°,971 292 8	Zons- Maans-dubb. declin. getij
K_1	23,9345	g = 15°,041 068 6	— 0°,985 646 4	Id. enkeld.
O	25,819	g—2s = 13°,943 035 6	25°,367 145 6	Enkeld.Maans-decl. getij
P	24,0659	g—2e = 14°,958 931 4	0°,985 646 4	Enkel. Zons-decl. getij

waarin g = snelheid per uur van de aarde om haar as = 15°,041 068 6
s = „ „ „ „ „ maan om de aarde = 0°,549 016 5
p = „ perigeum = 0°,046 419
e = „ van de aarde om de zon = 0°,041 068 6

De phaseverandering D stelt ook de verandering van het *astronomisch argument* (V) per dag van het getij voor, hetwelk aangeeft het aantal graden, dat op den middelbaren middag eener plaats de phase van het getij nog moet veranderen, eer het daar volgens de evenwichtstheorie hoog water zou zijn. In werkelijkheid is het hoogwater, wanneer na den middelbaren middag de phase nog een aantal graden moet veranderen gelijk aan het astronomisch argument vermeerderd met het kappagetal. De phaseverandering kan dus dienen om, als de doorgang van het betrokken fictieve hemellichaam of het astronomisch argument voor een plaats op 1 Januari bekend is, dezen voor elken anderen dag van het jaar te vinden.

Tafel I op pag. 91 geeft het astr. argument der partieele getijden op 1 Januari voor den meridiaan van Greenwich (Tafel I) aan Tafel II geeft de correctie voor verschillende graden lengteverschil.

Uit de snelheden per uur is af te leiden, wanneer de getijden elkaar zullen ver-

sterken. Voor het dubbeldaagsch maans- en zonsgetij is het verschil 30°—28°,984 1042 = 1°,015 895 8 per uur, zoodat springtij zal voorkomen $\frac{C_s - C_m}{1°,0\ 158\ 958}$ uren na nieuwe maan, waarin C_s de constante voor het zonsgetij en C_m die voor het maansgetij.

Weet men voor elk partieel getijde de grootheden of de constanten A en C, dan is de werkelijke getijlijn uit de partieele te construeeren. Zijn dus voor een getij de constanten van het zonsgetij S_2 : A = 24,48 en C (kappagetal) 312° dan weet men dus, dat de grootste hoogte boven den gemiddelden stand 24,48 cM is of het tijverschil voor dit getij 48,96 cM en het oogenblik, waarop het hoogwater wordt waargenomen $\frac{312}{2} \times 4 = 624$ minuten na doorgang door den meridiaan of te 10u 24m plaats vindt

Zijn b.v. voor het maansgetij M_2 de constanten A = 48,87 en C = 249°, dan is dus de grootste hoogte voor dit getij 48,87 cM en de vertraging in tijd $\frac{249}{2} \times 4,14$ min. = 8u 35m, daar 360° hierbij overeenkomen moet met de periode van de maan of 24,8412 uur of 1° = 4,14 minuut.

De ordinaten van een waargenomen getijlijn zijn volgens het aangenomen beginsel van de som van de overeenkomstige ordinaten der sinussoïden van de partieele getijden, waarvan de perioden in de bovenstaande 2de kolom gegeven zijn. Door de uurwaarnemingen van een vol jaar achtereenvolgens te rangschikken naar een van deze perioden en de gemiddelden van elke periode op te maken, is het mogelijk telkens den invloed van alle getijden op één na te elimineeren en van dat eene aldus de constanten te bepalen.

Havengetal.

Zooals reeds vermeld, heeft in alle havens van den Oceaan het hoogwater niet plaats op het oogenblik van doorgang van het hemellichaam door den meridiaan maar een zekeren tijd later, welke niet altijd dezelfde is. Hij is b.v. voor het maansgetij alleen dezelfde ten tijde der nachteveningen op den dag van nieuwe of volle maan, wanneer deze op den gemiddelden afstand van de aarde staat. Deze tijd heet het *havengetal, haventijd, of haventij* en komt dan overeen met het „kappagetal"!

Het havengetal voor het voornaamste maansgetij kan dienen voor een ruwe bepaling van den tijd van hoog water op een bepaalde plaats. Wil men voor een zekeren dag dus den tijd van hoogwater bepalen, dan zou het, wanneer geen andere getijinvloed b.v. de zon aanwezig was, voldoende zijn om het havengetal op te tellen bij den tijd van maansdoorgang. Evenwel zal men wegens den zonsinvloed dit alleen kunnen doen op den dag van volle en nieuwe maan.

Is het op den dag van volle of nieuwe maan hoog water te 7 uur voor- en namiddag, dan zal het op andere dagen ongeveer hoogwater zijn 7 uur na den tijd van maansdoorgang door den meridiaan. Bij nauwkeuriger bepaling zal men rekening moeten houden met den zonsinvloed. Deze veroorzaakt dus afwijkingen van den regel van het havengetal, blijkende uit schommelingen, welke zich telkens na 14 dagen herhalen.

Het zoogenaamd zuivere of gemiddelde havengetal krijgt men dus uit het gemiddelde der voor het havengetal gevonden waarden, gedurende 14 dagen. Voor den juisten tijd van hoogwater moet men het havengetal voor het maansgetij corrigeeren voor den zonsinvloed.

Tafel I.

Astronomisch argument (V) der partieele getijden op 1 Januari voor den meridiaan van Greenwich.

Jaartal	S_2	M_2 en MS	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4 en MS
1920	10°	247°	223°	148°	163°	87°	190°	134°
1921	0	171	249	151	165	8	191	342
1922	0	71	237	159	170	263	190	142
1923	0	331	226	164	172	157	190	302
1924	0	231	215	171	176	52	190	102
1925	0	155	240	172	176	335	191	310
1926	0	55	229	176	178	232	190	110
1927	0	314	217	178	179	131	190	268
1928	0	213	205	177	178	31	190	66
1929	0	137	230	173	176	317	191	273
1930	0	37	220	170	175	221	190	71
1931	0	294	205	165	172	121	190	227
1932	0	192	192	161	170	22	190	25
1933	0	115	217	154	167	310	191	231
1934	0	14	204	149	165	221	190	288
1935	0	273	192	145	163	113	190	186
1936	0	172	179	143	162	14	190	343
1937	0	95	204	141	160	299	191	191
1938	0	355	193	142	161	198	190	350
1939	0	254	181	146	163	95	190	150
1940	0	154	170	152	166	351	190	309
1941	0	79	196	158	169	271	191	157
1942	0	339	185	164	172	165	191	318
1943	0	238	173	170	173	60	190	117
1944	0	138	162	175	178	317	190	277
1945	0	62	188	176	178	240	191	125
1946	0	322	176	177	178	139	191	283
1947	0	221	164	176	178	40	190	81
1948	0	120	151	173	176	301	190	239
1949	0	43	176	167	173	228	191	85
1950	0	302	164	162	171	130	191	242

De vetgedrukte jaarcijfers zijn schrikkeljaren.

Tafel II.

Correctie op tafel I voor lengteverschil.

	5°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	85°	95°	105°	115°	125°	135°	145°	155°	165°	175°
M_2	—	1°	2°	2°	3°	4°	4°	5°	6°	6°	7°	8°	8°	9°	10°	11°	11°	12°
N_2	1°	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
O_1	—	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	10	11	12	12

Voor Oosterlengte is de correctie negatief, voor Westerlengte positief.

Getijden in Nederland en Ned.-Indië.

In Nederland is het getij op de kusten bepaald dubbeldaagsch; in Indië kan het ook zijn enkeldaagsch of gemengd. De Westkust van Sumatra en de Zuidkust van Java van Segli tot Tjilatjap hebben getijden van Oceanisch karakter, dus dubbeldaagsch evenals bij Singapore en in het algemeen aan de Noordgrenzen van den Archipel, in de Molukken en bij Hongkong. Op de plaatsen binnen de Javazee en straat Makasser is het getijtype bepaald enkeldaagsch.

Getijden aan de Nederlandsche kusten.

PLAATS	Haven getal	Duur van den vloed gem. 1891—1900	Hoogte over 1901—1910 t.o.v. N.A.P.		Correctie tot A. P.	Verschil tusschen M.V. en M.E.	Laagste stand t.o.v A.P.	Hoogste stand t.o.v. N.A.P. *
	u. m.		M.V.	M. E.				
WestKapelle (Noordzee)	0—41	5—52	1,58	— 1,62		3,20	— 2,90	3,75
Vlissingen (Westerschelde)	0—59	5—54	1,79	— 1,90	— 0,16	3,69	— 3,31	3,92
Neuzen (Westerschelde)	1—46	5—56	1,92	— 2,01	+ 0,06	3,93	— 3,36	4,27
Hansweert ,,	2—48	6—04	2,06	— 2,11	+ 0,14	4,17	— 3,32	4,60
Bat ,,	3—11	6—08	2,23	— 2,16	+ 0,11	4,39	— 3,60	4,83
Burgh (Oosterschelde	1—38		1,29	— 1,40	+ 0,07	2,69	— 2,63	3,65
Vere en Eendracht)	1—49	6—20	1,43	— 1,41	+ 0,02	2,84	— 2,96	3,74
Zierikzee ,,	2—00	6—35	1,30	— 1,54	+ 0,05	2,84	— 3,00	3,82
Wemeldinge ,,	2—50	6—41	1,56	— 1,65	+ 0,14	3,21	— 3,01	4,32
Bergen op Zoom ,,	3—10		1,79		+ 0,16		— 3,13	4,55
Tolen ,,	3—15		1,76	— 1,72	+ 0,06	3,48	— 2,98	4,40
Brouwershaven (Brouwersh. Gat)	2—02	6—27	1,18	— 1,14	+ 0,06	2,32	— 2,67	3,76
Bruinisse (Grevel.)	2—42	6—34	1,40	— 1,47	+ 0,07	2,87	— 2,91	3,91
Steenbergsche vliet ,,	3—01	6—23	1,35	— 1,30	— 0,02	2,65	— 2,46	**3,80**
Hellevoetsluis(Holl.diep)	2—51	5—18	0,93	— 0,80	+ 0,07	1,73	— 2,19	3,46
Moerdijk ,,	4—33	5—12	1,27	— 0,72		1,99	— 2,12	**3,60**
Dordrecht (Merwede)	5—29	4—31	1,22	— 0,46		2,68		**3,43**
Rotterdam (Maas)	4—47	4—39	0,91	— 0,50		1,41	— 1,32	**3,31**
Hoek van Holland (Noordzee)	.	4—03	0,84	— 0,71		1,55	— 1,85	3,28
Scheveningen ,,			0,86	— 0,66		1,52		3,53
Katwijk ,,	2—15	4—16	0,82	— 0,68	+ 0,07	1,50	— 2,00	3,69
IJmuiden ,,	3—00	4—25	0,70	— 0,84	0,00	1,54	— 2,25	3,68
Petten ,,	3—17		0,45	— 0,89	+ 0,08	1,34	— 2,45	3,08
den Helder ,,	5—50	6—24	0,36	— 0,84	— 0,07	1,20	— 2,28	2,48
Texel (Zuiderzee)	7—59		0,37	— 0,70	— 0,07	1,07	— 2,22	2,54
Vlieland ,,	8—19	6—04	0,62	— 0,96	— 0,07	1,58	— 2,47	2,87
Medemblik ,,	1 —14		0,27	— 0,38	— 0,02	0,65	— 1,43	2,77
Enkhuizen ,,		6—18	0,09	— 0,23	+ 0,04	0,32	— 1,28	**2,41**
Oranjesluizen ,,	12—49	6—04	0,23	— 0,29	0,00	0,52	— 2,16	**2,84**
Muiden ,,	12—50		0,11	— 0,23	+ 0,05	0,34	— 1,12	**2,88**
Elburg ,,	1—20	6—03	0,19	— 0,19	+ 0,23	0,38	— 1,35	3,23
Kraggenburg ,,	12—47	6—01	0,19	— 0,13	+ 0,31	0,32	— 1,24	2,94
Lemmer ,,	12—52	6—26	0,13	— 0,11	+ 0,26	0,24	— 1,41	2,69
Stavoren ,,	9—20	5—23	0,21	— 0,28	+ 0,25	0,49	— 1,22	2,39
Harlingen ,,	8—47	5—22	0,57	— 0,74	+ 0,26	1,31	— 1,74	2,93
Roptazijl (Wadden)		5—08	0,64	— 0,76	+ 0,27	1,40		3,18
Zoutkamp ,,	10—17	6—07	0,99	— 1,39	+ 0,23	2,38	— 2,77	4,45
Delfzijl ,,	11—31	5—56	1,12	— 1,66	+ 0,27	2,78	— 3,00	4,60
Nieuwe Statenzijl ,,	12—17		1,30		+ 0,09		— 2,00	5,41

* De vette cijfers in deze kolom zijn waargenomen 13—14 Jan. 1916.

Hoewel men vooral in Ned.-Indië niet van bepaalde gewone hoog- en laagwaterstanden kan spreken, daar deze sterk varieeren, zoo zijn in onderstaande tafels evenwel de gemiddelden daarvoor aangegeven en tevens de hoogste en laagste waterstanden, welke bij storm of springtij al of niet gepaard met neveninvloeden zijn waargenomen.

Voor een nauwkeuriger bepaling zijn tevens hieronder de getijconstanten voor verschillende plaatsen in Ned.-Indië vermeld.

Getijden aan de Ned.-Indische kusten.

Getijden te Batavia.

Het getij te Batavia is evenals alle getijden in den Indischen Archipel uiterlijk zeer onregelmatig. Het enkeldaagsch getij heeft aldaar in den Oostmoesson steeds hoog water des avonds (bij volle maan en nieuwe maan om 10 uur) en laagwater des morgens (bij volle maan en nieuwe maan om 7 à 8 uur). In den Westmoesson valt daarentegen het hooge water altijd des morgens en het lage water des avonds (bij volle en nieuwe maan respectievelijk om 10 uur en 7 à 8 uur).

De *sterkste getijden op de dagen na V.M. en N.M.* worden waargenomen in Juni en December; in de maanden Juli en Augustus neemt het hooge water voortdurend in hoogte af, terwijl de hoogte van het lage water toeneemt. In de tweede helft van Augustus vertoont zich 's middags een spoor van een 2de getij, dat zich in September meer ontwikkelt en voortdurend in hoogte toeneemt, terwijl het avondgetij daarentegen afneemt, totdat in de 2de helft van deze maand twee geheel aan elkaar gelijke getijden ontstaan; het is dan 2 × per etmaal hoog water, 's morgens om 10 uur en 's avonds om 10 uur. De beide laagwaterstanden zijn evenwel niet geheel aan elkaar gelijk. De getijsterkte van ongeveer 1 M in Juni is in September afgenomen tot ongeveer 30 cM.

Na September neemt het morgengetij voortdurend tot December in hoogte toe, het avondgetij daarentegen af, om in October geheel te verdwijnen.

Wat den *gang der getijden tusschen op elkaar volgende dagen van N.M. of V.M.* betreft, treedt het sterkste getij of springtij niet altijd op 1 dag na V.M. of N.M.; wel in Juni, maar in Juli valt het sterkste getij met deze maanphasen samen. In Augustus valt het een paar dagen vóór V.M. of N.M., welk aantal dagen snel aangroeit om in het laatst van Augustus ongeveer 6 dagen voor V.M. of N.M. in te treden (alzoo één dag na E.K. en L.K.). De getijsterkte bedraagt bij V.M. en N.M. alsdan ongeveer 30 cM, terwijl zij bij E.K. en L.K. bijna 80 cM bedraagt.

Tandjong Priok.

Gewoon laag water	0,—	
„ hoog water	0,70 M +	
Hoogste water	1,10 +	
Laagste water	0,40 ÷	
Getijconstanten:	A (cM)	K(appagetal)
S_2	6	291°
M_2	5	352°
K_1	27	143°
O_1	14	119°
P_1	7	143°

Semarang.

Gewoon laag water	0,05 + S.P.	
„ hoog water	0,70 +	
Hoogste water	1,15 +	(springtij)
Laagste water	0,42 ÷	„
Getijconstanten:	A (cM)	K(appagetal)
S_2	—	—
M_2	5	283°
K_1	18	26°

Soerabaya.

Gewoon laag water	2,50 ÷ S.H.V.P.	(Soerabaya Haven,
„ hoog water	0,30 + S.H.V.P.	Vloed Peil)
Hoogste water	0,50 + (springtij)	
Laagste water	2,80 ÷ „	

Getijconstanten:	A(cM)	K(appagetal)
S_1	26	355°
M_2	44	351°
K_1	47	318°
O_1	27	284°
P_1	14	321°
N_2	9	337°
K_2	8	357°

Belawan (Deli).

Gewoon laag water 2,30 ÷ B.P. (Belawan Peil)
„ hoog water 1,50 ÷
Hoogste water 0,50 ÷ (springtij)
Laagste water 3,40 ÷ („)

Getijconstanten:	A (cM)	K(appagetal)
S_1	26	79°
M_2	50	63°
K_1	15	335°

Tjilatjap.

Gewoon laag water
„ hoog water
Hoogste water 2,16 + (springtij)
Laagste water 0,04 — („)

Getijconstanten:	A (cM)	K(appagetal)
S_1	25	311°
M_2	50	249°
K_1	19	279°
O_1	12	268°
P_1	5	274°
N_2	10	224°
K_2	7	311°

Padang (Emmahaven).

Gewoon laag water 0,65 ÷
„ hoog water 0,72 +
Hoogste water 0,93 ÷ (springtij)
Laagste water 0,78 ÷ („)

Getijconstanten: (voor Padang)	A (cM)	K(appagetal)
S_1	14	218°
M_2	35	177°
K_1	13	277°
O_1	8	265°
N_2	7	157°

Ampenan.

Gewoon laag water 3,70 —
„ hoog water 2,90 —
Hoogste water 1,88 — (springtij)
Laagste water 4,48 — („)

Getijconstanten:	A (cM)	K(appagetal)
S_1	19	315°
M_2	16	308°
K_1	32	326°
O_1	15	234°
P_1	18	336°
N_2	5	295°
K_2	5	301°

Verschillende Boezems en Boezempeilen.

Amstellandsboezem, gevormd door den Amstel, den Drecht ten Oosten van de Amstelsluis bij het Tolhuis onder Nieuwveen, den Krommen Mijdrecht, een deel van den Angstel, den Holendrecht, den Bullewijk, de Gaasp, het Gein, de Diemen en het Nieuwe Meer, de ringvaarten van de Diemermeer, de Bijlermeer, de Bijleveld en een klein deel van den Ouden Rijn.

De boezem loost door twee sluizen (de Ipenslooter- en Diemerdammersluizen) op de Zuiderzee en door drie sluizen op het stadswater te Amsterdam, (boezem van het Noordzeekanaal).

De meest gewenschte stand van den boezem is 0,40 ÷ N.A.P. De hoogst bekende stand is 0,05 M + N.A.P. en de laagst bekende stand 0,98 M ÷ N.A.P. De grootte van den boezem is met inbegrip van het Merwedekanaal 810 HA en van het op den boezem afwaterend gebied 30372 HA.

De boezem is feitelijk één geworden met den boezem van het Noordzeekanaal na de opening van het Merwedekanaal. De sluizen te Zeebrug worden nl. alleen dan gesloten, wanneer bij waterstanden op het Noordzeekanaal hooger dan 0,20 ÷ N.A.P. het water naar Amstellandsboezem stroomt.

Boezem van het stadswater van Amsterdam, binnen de singelgrachten heeft een peil van 0,40 ÷ N.A.P.

Rijnlandsboezem, gevormd door het deel van den Ouden Rijn tusschen Bodegraven en Katwijk, het Nieuwe Kanaal, de Trekvaart van Leidschendam tot Haarlem het Spaarne, de Liede, de Trekvaart van Haarlem tot Halfweg, de Ringvaart van den Haarlemmermeer, de plassen tusschen deze droogmakerij en Leiden, de Oosteinderpoel, de Zijl, de Does, de Braassemermeer, een deel van den Drecht, de Leidsche vaart, de Aar, de Gouwe, de grachten van Haarlem, Leiden, Gouda, enz.

De boezem loost op vier punten nl. te Spaarndam, Halfweg, Katwijk en Gouda. Gemiddeld peil 0,55 ÷ N.A.P.; stempelpeil 0,75^{5} ÷ N.A.P. en maalpeil voor de landen bezuiden den Rijn 0,27^{5} ÷ N.A.P.

De grootte van het op den boezem afwaterend gebied is bijna 100 000 HA.

Woerdensboezem loost op Rijnlandsboezem te Bodegraven. De boezem is groot 170 HA, waarop afwateren 17 190 HA polderland. Het boezempeil is 0,40 M ÷ N. A. P. en de stand gemiddeld 0,45 ÷; de Enkele Wierikke heeft een maalpeil van 0,22. ÷, Dubbele Wierikke van 0,17 ÷, het overige deel van den boezem van N.A.P

Schieboezem of **Delflandsboezem** gevormd door vele vaarten als de Schie met haar drie takken, de trekvaart van Delft naar Leidschendam, de vaart van Delft op Maassluis, de vaarten tusschen de dorpen in het Westland, de Haagsche grachten, enz. Het oppervlak is ± 400 HA, waarop afwateren 28 200 HA polderland en ± 8 700 HA boezemland en duinen.

De loozing geschiedt op zeven punten op de Maas en op den Rotteboezem. Het boezempeil, Delflands peil (D.P.) genaamd, is 0,24 ÷ A P of 0,402 ÷ N.A.P. of 0,35 M + Rottepeil (R.P.). De grootte van het gebied is 46 900 HA.

Rotteboezem bestaat grootendeels uit droogmakerijen, ter weerszijden van de Rotte gelegen. De boezem loost bij Rotterdam op een hoogen boezem en daaruit op de Maas. Het Rottepeil (R.P.) is 0,603 M ÷ N.A.P. Het z.g. Schiepeil is 0,05 M + R. P.

Het gemiddelde peil is 0,50 ÷ N.A.P.; het maalpeil 0,341 ÷ N.A.P.

Boezem van den gekanaliseerden Hollandschen IJsel ontvangt het water voor een groot deel van de Lopikerwaard en van den boezem van de Vlist bij Haastrecht. Het gemiddeld peil bij Gouda is 0,36 + A.P. of 0,30 + N.A.P.

Zederikboezem, gevormd door het Zederikkanaal en den ouden Zederik. De loozing geschiedt op de Linge aan den Arkelschen dam. Het maalpeil is 1,42 + A.P.

Heicopboezem met een gemiddelden stand van 0,26 + A. P.

Overwaardboezem gevormd door de Giessen, eenige vlieten en een kanaal. Het maalpeil is A. P.

Nederwaardboezem grootendeels gevormd door de Alblas en een zijtak. Het maalpeil is 0,08 ÷ A.P. Beide boezems worden afgetapt op de Lek, de laatste ook op de Noord.

Schermerboezem gevormd door de Zaan, de Nauwerna'sche en Markervaarten, het Alkmaardermeer, het Gr. Noordhollandsch Kanaal van Purmerend tot den Helder, de vaarten van Monnikendam op Edam en van Purmerend op Hoorn, de Haven van Edam, de Beemster Uitwatering, de ringvaarten van vele droogmakerijen, enz. De loozing geschiedt op den boezem van het Noordzeekanaal en op de Zuiderzee door sluizen te Nieuwediep, te Zaandam en te Nauwerna.

De grootte van het afwaterend gebied is 77 500 HA ;het zomerpeil 0,58 ÷ N.A.P. het winterpeil 0,40 ÷ A. P. en het maalpeil = A.P.

Raakmaatsboezem gevormd door de ringslooten van Heer Hugowaard en Berkmeer, die van andere droogmakerijen en door de Langereis. De loozing geschiedt bij het Kolhornerdiep op de Zuiderzee en door sluizen te Alkmaar en te Rustenburg op den Schermerboezem.

Het op den boezem afwaterend gebied is groot 10 000 HA. Het zomerpeil is 0,60 ÷ N.A.P., het maalpeil 0,14 M ÷ A.P.

Boezem van het Noordzeekanaal. Het peil van het kanaal is volgens concessie van 1861 0,50 ÷ A.P., een minimum peil; de gemiddelde stand is 0,35 tot 0,45 ÷ A.P. De oppervlakte van den boezem, gevormd door het IJ voor Amsterdam, het Noordzeekanaal met de zijkanalen en de zeehaven van Zaandam met den Voorzaan, bedraagt rond 1100 HA. De voornaamste natuurlijke loozing is die op de Noordzee te IJmuiden door een uitwateringssluis en de kleinste schutsluis. Te Schellingwoude bestaat een kunstmatige loozing, welke bij een kanaalstand boven 0,30 ÷ N.A.P. in bedrijf wordt gesteld.

Vaartsche Rijn. Het zomerpeil is 0,45 + N.A.P.; het winterpeil 0,58 + N.A.P.

Vecht (Utrechtsche) boezem. De gemiddelde stand is 0,25 ÷ N.A.P., de hoogste stand (1887—1896) 0,70 +, de laagste stand 1,05 ÷ N.A.P. De grootte van het afwaterend gebied is 31 500 HA.

Gorinchems of Asperens Lingepeil is 0,37 + A. P.

Frieslands boezem bestaat uit het groot aantal meren, breede wateren en vaarten in de provincie en beslaat een oppervlakte van ongeveer 27 000 HA, waarop 267 000 HA land afwateren. Bij een gemiddelden boezemstand van 20 cM + Z.P. bedraagt de oppervlakte water 26 000 HA en bij een stand van 52 cM + Z.P. 58 670 HA. De loozing geschiedt op 12 punten langs natuurlijken weg door uitwateringssluizen o.a. te Stavoren, Hindeloopen, Workum, Makkum, Harlingen, Dokkum en Zoutkamp. De Dokkumer Nieuwe Zijlen zijn de meest vermogende. Het zomerpeil van den boezem, Friesch zomerpeil, is 0,66 M ÷ N.A.P. = 0,42 M ÷ A.P. De schommelingen zijn groot tot bijna 1 M boven peil en 0,50 M daar beneden als uiterste standen. Gemiddeld bereikt de boezem 's zomers geen lageren stand dan 0,20 ÷ F.Z.P. of 0,46 ÷ N.A.P. = 0,22 ÷ A.P.; 's winters is hij ongeveer A.P.

Verschillende polders, polder- en andere peilen en hoogteligging van polders. Peilen t. o. v. A. P.

Stadswater te Utrecht		+ 0,50			
Oost-Abtspolder	zomerpeil	— 6,00			
Prins Alexanderpolder	„	— 6,30			
Zuidplaspolder	„	— 5,60			
Zuidpolder (Waterschap Groot Mijdrecht),	„	— 6,00			
Horstermeerpolder	„	— 3,30			
Maarseveensche en Tienhovensche droogmakerij (Waterschap Bethune) . .	„	— 3,90			
Haarlemmermeerpolder (18 000 HA) hoogteligging der laagste gronden 4,20 à 4,60—A.P.	zomerpeil	—5 à 5,10		winterpeil	— 5,20
Polder Westzaan	„	— 0,95		hoogteligging	— 0,60
„ Oostzaan	„	— 1,19	= 1,29⁵ ÷ N.A.P.	„	— 0,85
„ Waterland	„	— 1,30	N.A.P.	„	— 1,00
„ Zeevang	„	— 1,83		winterpeil	— 1,85
Buikslotermeer	„	— 4,68	÷ N.A.P.	hoogteligging	— 1,40
Eilandspolder	„	— 1,94		winterpeil	— 2,02
Geestmerambacht	„	— 1,40		„	— 1,50
				hoogteligging	— 0,75

Schager- en Niedorperkoggenpolders	zomerpeil	— 1,40 à 2,10	
Vier Noorderkoggenpolders	,,	— 2,15 à 2,25	,,—1,18 à — 1,25
Polder Grootslag	,,	— 2,30	— 1,60
Westerkogge	,,	— 2,86	winterpeil — 2,96
			hoogteligging — 2,26
Polder Beschoot	,,	— 3,28	— 2,63
Wijde Wormer	,,	— 4,32	— 3,80
Groot Schermer	,,	— 3,62 à —4,25	—3,30 à —3,65
Heer Hugowaard	,,	— 3,40 à —3,54	
Groningen, Winschoterpeil	,,	+ 0,81	
Aapeil	,,	+ 0,44	
Beersterpeil	,,	— 0,49	

Hunsingopeil van het waterschap Hunsingo groot 36 025 HA, waarvan 24 890 HA boezemland en 11 135 HA polders. — 0,68 = 0,92 N. A. P.

Westerkwartierpeil van het Waterschap Westerkwartier groot 55 155 HA, waarvan 36 040 HA boezemland en hooge gronden en 15 150 HA polders.

Volgens het verslag der Lauwerszeecommissie is voor de waterschappen Hunsingo en Westerkwartier een boezempeil vastgesteld van 1,55—:-Wk. P. met een maximum zomerpeil van 0,35 M + peil en een maximum van 0,50 + peil in andere maanden.

Fivelingopeil	— 0,74
Peil van Duurswold / ,, ,, Oldambt	— 1,09
Oterdumerpeil	— 1,16
Polder Walcheren, zomerpeilen	— 1,25 à — 1,30; hoogte—0,50 à + 0,50
Polder Schouwen, zomerpeil	— 1,87; hoogte — 0,75 à — 1,20.

Waterbezwaar van gronden en polders.

In het algemeen kan men voor ons land stellen, dat van kleine gebieden de grootste hoeveelheid water, welke tot afstrooming komt, per 1000 HA per seconde bedraagt:

Voor sterk hellende gronden (broeklanden en heidegronden). . .	1,2 M^3
Weinig hellende, doch behoorlijk verkavelde hooi- en weilanden .	0,9 ,,
Hooge bouwgronden met verschillende terreinshelling.	0,6 ,,
Onontgonnen hei- en zandgronden.	0,4 ,,

Voor *polders* gelden hoogere cijfers. Waarnemingen in den Haarlemmermeerpolder leerden, dat men per 1000 HA per sec. kon rekenen op een afvoer in de slooten van 3 M^3 en meer.

Voor bemaling van onze polders kan men gemiddeld als eisch stellen, dat minstens 0,9 M^3 per sec. per 1000 HA (77,76 M^3 per HA per etmaal) moeten kunnen worden bemalen, d.i. een hoeveelheid overeenkomende met 12 PK voor 1 M opvoerhoogte of 12 W.P.K. Bij de bemaling van de Rotte werd gerekend op 80 M^3 per HA per etmaal.

Ook neemt men wel een zekere hoogte van den regenval aan, welke in zekere tijdsruimte verminderd met de verdamping moet worden weggemalen en bezigt daarvoor het cijfer van 8 mM per dag, hetgeen overeenkomt met een vermogen van 12,3 W.P.K.

Verder zal men rekening moeten houden met de kwel, welke van allerlei factoren als aard, diepteligging van den polder, grondsoort, enz. afhangt en in de gewone poldertoestanden minstens op 80 à 90 mM per jaar moet worden aangenomen.

Elink Sterk leidde uit waarnemingen voor de grootte van de kwel in den Haarlemmermeer gedurende een heel jaar een gemiddeld cijfer van 150 mM af.

Munten.

Muntstelsels.

Bij de meeste muntstelsels heeft men:

a. *standpenningen*, welke een ieder kan laten aanmunten en die voor alle betalingen geldig zijn.

De reëele waarde, d.i. de waarde als hoeveelheid edel metaal, verschilt inhet algemeen weinig van de nominale, of door de wet vastgestelde waarde.

b. *pasmunt* of kleingeld, waarmede kleinere geldsommen kunnen worden betaald. De metaalwaarde is gewoonlijk ver beneden de nominale waarde.

c. *negotiepenningen*, die geen wettelijk bepaalde waarde bezitten, maar handelsartikel zijn, waarvan de prijs zich naar vraag en aanbod regelt.

Naar gelang een land gouden of zilveren standpenningen heeft, bezit het den *gouden of zilveren standaard*. Bij het bezit van beide standpenningen. waarbij beide metalen in verhouding door de wet zijn vastgesteld, spreekt men van *dubbelen standaard*, welke *kreupel* of *hinkend* is, wanneer de aanmunting van een der beide soorten standpenningen verboden is.

De goudwaarde van zilveren standpenningen hangt, tengevolge van de wisselende waardeverhouding tusschen het goud en het zilver, af van de zilvermarkt te Londen. De prijzen worden daar bekend gemaakt in pence per ounce standaard = 31,1035 gram trooysgewicht van 0,925 gehalte. Als goudswaarde wordt aangenomen de sovereign = 240 pence, welke 7,3224 gram fijn goud bevat.

Is de koers van het zilver b.v. $24^1/_2$ d.,dan beteekent dit, dat 31,1035 × 0,925 = 28,77 gr. fijn zilver (1 ounce standaard) in waarde overeenkomt met

$$\frac{24^1/_2}{240} \times 7{,}3224 = 0{,}74 \text{ gram fijn goud,}$$

zoodat de waardeverhouding is 0,74 : 31,1035 of 1 : 38,5.

N.B. 1869 sovereigns worden geslagen uit 40 troy-pound muntgoud of standaardgoud van 11/12 gehalte. Daar 1 troy-pound = 373,242 gr., bevat dus 1 sovereign

$$\frac{11}{12} \times \frac{40 \times 373{,}242}{1869} = 7{,}322 \text{ gram fijn goud.}$$

Eenvoudiger vindt men de waardeverhouding door den zilverprijs ($24\frac{1}{2}$) te deelen op het getal 943 aldus

$$\frac{943}{24^1/_2} = 38{,}5$$

Om de verhouding tusschen de waarde van twee munten of het *muntpari* te bepalen, kan men uitgaan van de wettelijke bepalingen voor het gewicht en gehalte (het *wettelijk pari*) of van den prijs, waarvoor het edel metaal genoteerd wordt (het *reëel pari* of *metaalpari*).

Het muntstelsel van Nederland.

Vóór het jaar 1795 had bijna elk der 17 gewesten zijn eigen munt. Men had gouden rijders van *f* 14,— en halve rijders van *f* 7,—; gouden dukaten van *f* 5,50, ducaten van *f* 3,15; Zeeuwsche rijksdaalders van *f* 2,60; 3-guldenstukken, daalders, acht en twintigen (1,50) zes en twintigen (*f* 1,30 = $^1/_2$ Zeeuwsche rijksdaalder), guldens, zestiend'halfjes (*f* $0{,}77^5$), dertiend'halfjes van *f* $0{,}62^5$, zevend'halfjes van *f* $0{,}32^5$ = $^1/_8$ Z. rijksd., schellingen, kwartjes, dubbeltjes, (d.i. dubbele stuivers), stuivers, grooten, oortjes, duiten e. a.

Oude rekeningen vermelden bijv.; 12—8—4, hetgeen beteekent 12 gulden, 8 stuivers en 4 duiten, d. i. *f* $12{,}42^5$.

In 1816 werd door Koning Willem I een nieuwe muntwet ingevoerd (28 Sept. Stbl. 50), waarbij werd bepaald, dat 's Rijks muntspeciën voortaan zouden bestaan uit zilveren en gouden penningen, koperen stukken en zilveren en gouden negotiepenningen.

Deze wet werd herzien in 1839, waarbij de waarde van zilver tot goud beter werd geregeld nl. op 1 : 15,625 werd gebracht en door de wet van 26 Nov. 1847 Stbl. 69 vervangen, waarbij de *zilveren standaard* werd ingevoerd en de gouden munten werden ingetrokken. Doordat vooral na 1870 de zilverprijs sterk daalde, werd de aanmunting van zilveren penningen tijdelijk geschorst. Door de wet van 6 Juni 1875 werd het gouden tienguldenstuk ingevoerd en daardoor de *hinkende standaard* in het leven geroepen, terwijl tevens werd bepaald, dat het ieder vrij stond gouden tientjes te laten aanmunten. Definitief is ons muntstelsel geregeld bij de wet van 28 Mei 1901 Stbl. 132, waarbij de rekeningseenheid de gulden is en werd bepaald, dat rijksdaalders, guldens en halve guldens alleen kunnen worden aangemunt voor rekening van het rijk en alleen ter vervanging van zilveren munten, welke aan den omloop zijn onttrokken. Deze Muntwet werd door de wet van 31 December 1906 Stbl. 376 eenigszins gewijzigd door het vervangen van het zilveren 5 centstuk door een nikkelen; verdere wijzigingen vonden plaats in 1909 (Stbl. 253) en in 1912 (Stbl. 324). De volledige tekst der Muntwet 1901, zooals die luidt na bovenvermelde wijzigingen, is te vinden in het staatsblad 354 van 1912.

Men heeft nu als wettig betaalmiddel, tot ieder bedrag de:

a. **Standpenningen:**	Middellijn in mM.	Gewicht in gram	Gehalte in °/₀₀
goud: het tienguldenstuk	22½	6,72	900
het vijfguldenstuk	18	3,36	900
zilver: de rijksdaalder	38	25	} 945
de gulden	28	10	
de halve gulden	22	5	
tot beperkt bedrag de			

b. **Pasmunten:**	Middellijn in mM.	Gewicht in gram	Gehalte in °/₀₀
zilver: het 25 centstuk	19	3,575	} 640
„ 10 „	15	1,400	
nikkel: „ 5 „	vierkant met zijden van 18 mM behoudens de afronding der hoeken.	4,500	750 koper, 250 nikkel
brons: „ 2½ „	23½	4,00	} 950 koper, 40 tin, 10 zink
„ 1 „	19	2,50	
„ ½ „	14	1,25	

Niemand is verplicht zilveren pasmunt tot een hooger bedrag dan tien gulden of bronzen pasmunt tot een hooger bedrag dan vijf en twintig cent aan te nemen.

De gouden ducaat, met een middellijn van 21 mM, een gewicht van 3,494 gram en een gehalte van 0,983, zal als negotiepenning bestaan zonder de hoedanigheid van wettelijk betaalmiddel.

De wettelijke waarde van onze zilveren munt of den gulden komt overeen met een marktprijs van zilver van 59½ d of een verhouding van 1 : 15,85. De reëele waarde in 1911 bij een zilverkoers van 25⅛ of 1 : 37,5 kan uit den volgenden kettingregel worden verkregen:

fl. x = 9,45 gr. fijn zilver
37,5 gr. fijn zilver = 1 gr. fijn goud
9 gr. fijn goud is 10 gr. muntgoud
6,72 gr. muntgoud = 10 gulden

$$\text{alzoo } x = \frac{9,45 \times 1 \times 10 \times 10}{37,5 \times 9 \times 6,72} = f\ 0,416$$

De bankbiljetten van de Nederlandsche bank zijn geen wettig betaalmiddel, maar worden door de rijkskassen in betaling aangenomen.

In *Ned. Oost-Indie* heeft men dezelfde verdeeling der muntspeciën.

De Javasche bank heeft de bevoegdheid bankbiljetten uit te geven van 5 tot 1000 gulden.

In *Suriname* zijn de Nederlandsche zilveren stand- en pasmunten in omloop. De Surinaamsche Bank heeft de bevoegdheid bankbiljetten van 5 tot 1000 gulden in omloop te brengen.

Buitenlandsche Munten.

LANDEN	MUNTEENHEID	GEMIDDELDE WAARDE	Waarde bij verzending van postwissels uit Nederland vóór den oorlog
Duitschland	1 Reichsmark = 100 Pfennig	f 0,59^5	f 0,60
	100 Reichsmark		- 59,53
Groot Brittannië en Ierland, met Koloniën	1 Sovereign (goud) = 1 pond sterling (£) = 20 shill.,	- 12,00	- 12,10
	1 shill. = 12 pence of denier	- 0,60^5	- 0,61
*Frankrijk met Tunis	1 Franc = 100 Centimes	- 0,47^5	- 0,49
	100 Franc		- 48,08
*België en Congostaat	Idem	- 0,47^5	
*Griekenland	1 Drachma = 100 Lepta	- 0,47^5	Als Frankrijk. per franc.
Luxemburg	Als Frankrijk	- 0,47^5	
Portugal	1 Escudo (kroon) = 100 centavos (zelfde hoeveelheid goud als de oude milreis)	- 2,66	
*Zwitserland	Als Frankrijk	- 0,47^5	
Brazilië	1 Milreis = 1000 reis	- 0,82	
Honduras	1 Peso = 100 Centavos	- 2,50	
Salvador	1 Sucre 100 = Centavos = 1 Peso	- 2,50	
Ecuador	1 Sucre	- 1,20	
	1 Condor = 10 sucre		
Oostenrijk-Hongarije, Bosnië-Herzegowina	1 Krone = 100 Heller.	- 0,50	f 0,50
	2 Krone = 1 flor. o. w.		
	100 Kronen =		- 50,41
	1 goud flor.	- 1,20	
	1 zilv. „	- 1,00	
	2 „ Kroon	- 0,50	
	1 O. U. „	- 0,50	
Servië	1 Dinar = 100 paras = 1 Franc	- 0,47^5	- 0,49
Denemarken met IJsland en de Faröer Zweden en Noorwegen	1 Kron = 100 öre	- 0,67	- 0,68
	10 öre		- 0,07
*Italië	1 Lire = 100 centesimi = 1 Franc	- 0,47^5	- 0,49
	100 Lire		- 48,31
Bulgarije en Montenegro	1 Ley = 100 stotinki = 1 Franc	- 0,50	- 0,50
	100 Ley		- 49,02
Turkije	1 Pond (goud) = 100 piasters	- 10,82	- 11,11
	1 piaster = 40 para		- 0,12
Egypte	1 Egypt. Pond = £ E. = £ 1.—.6 = Pond = 1000 milliièmes (25 618 Franc)	- 12,36	- 12,81
Ver. St. van Noord-Amerika, Hawaï en Porto-Rico	1 Dollar = 100 cents	- 2,47	- 2,52
Argent. Republ.	1 Peso goud = 2 27 papierpeso = 100 Centavos	- 2,38	- 2,41
Japan met Formosa	1 Yen = 100 Sen	- 1,23	- 1,24
Bolivia en Chili	1 Peso = 100 Centavos	- 2,50	- 0,92
	100 Peso		- 91,50

* Latijnsche Unie.

LANDEN	MUNTEENHEID	GEMIDDELDE WAARDE	Waarde bij verzending van postwissels uit Nederland vóór den oorlog
Rumenië	Ley = 100 Bani	f 0,49	f 0,50
	100 Ley		- 49,02
Rusland	1 zilveren roebel = 100 kopeken	- 1,26	- 1,29
	Gouden roebel	- 1,89	
	Papieren „	- 0,36	
Finland	Markka = 100 Penniä	- 0,47[5]	
*Spanje	1 Peseta = 100 centimos = 1 Franc	- 0,45	- 0,47
Mexico	1 Peso = 8 Reales = 100 Centavos	- 1,25	
China	1 Tael = 10 Tsien; 1 Haikwan tael = ± f 1,60. In 1910 ingevoerd de dollar (yuan)		
Perzië	1 Gouden Toman = 10 Kran	f 3,60à f 4,10	
Siam	1 Tikal (Bat.) = 4 Salungs	- 5,60à-4,20	
Engelsch-Indië	1 Roepy = 16 Annas = 192 pies = 1 sh. 5 d (wettelijk)	- 0,70à-0,72	
Marokko	1 Douro of Real (zilver) = 1 $ = 5 Peseta Hasani	- 0,82	
Straits-Settlements	1 Dollar = 100 cents = 2 sh. 5 d. wettelijk	- 1,60	
Philippijnen	1 gouden peso (= ½ Amerik. dollar)	- 1,40	
		- 1,25	

* Latijnsche Unie.

Waardeberekening van vreemde valuta's in den effectenhandel.

Pond Sterling	= f 12,00
Franc, Lire of Lei	= 0,50
Gouden Roebel	= - 2,00
Krediet-Roebel	= - 1,28
Papieren Roebel	= - 0,36
Oostenrijksche Florijn (zilver of papier)	= - 1,00
Oostenrijksche Florijn (goud)	= - 1,20
Oostenrijksch-Hongaarsche Kroon	= - 0,50
Zuid-Duitsche Florijn	= - 1,00
Duitsche Reichsmark	= - 0,60
Finsche Markka	= - 0,50
Deensche of Scandinavische Kroon	= - 0,66⅔
Portugeesche Milreis	= - 2,70
Spaansche Piaster	= - 2,50
„ Peseta	= - 0,50
Amerikaansche Dollar	= - 2,50
Mexicaansche Dollar	= - 2,50
Argentijnsche peso (papier)	= - 1,10
Japansche Yen	= - 1,25

Maten en Gewichten.

Litteratuur.

Dr. J. G. van Deventer. Standaard-kilogrammen. De Natuur 1907, bldz. 315 e.v.
„ „ „ Standaard-meters. De Natuur 1908, bldz. 271 en 310.

Het metrieke stelsel.

De Fransche Academie van Wetenschappen benoemde volgens het decreet van 22 Augustus 1790 een Commissie, bestaande uit Borda, Lagrange, Laplace, Monge en Condorcet om een *maateenheid* vast te stellen.

Onder de drie voorgestelde maateenheden:

1. de lengte van den secundeslinger op 45° breedte,
2. het equator-kwadrant,
3. het meridiaankwadrant,

werd de laatstgenoemde gekozen en wel het tienmillioenste deel van het aardmeridiaankwadrant.

De commissie koos voor haar meting den meridiaanboog van Duinkerken tot Barcelona (eigenlijk het fort Mt. Jouy), circa 171 KM van Duinkerkens meridiaan en daarbij 6° noordelijk en 3½° zuidelijk van den gemiddelden parallelcirkel van 45° N. B. verwijderd.

Deze voorstellen werden volgens Rapport van 19 Maart 1791 bij de Assemblée Nationale ingediend en den 26sten Maart aangenomen.

Den 30sten Maart werd door Lodewijk de wet onderteekend, waarbij de Académie des Sciences belast werd de Commissarissen te benoemen om de voorgestelde operatie met nog enkele andere uit te voeren.

Korten tijd nadat reeds met de waarnemingen begonnen was, werd door de Fransche Revolutie in de regeling verandering gebracht en ook in de samenstelling der Commissie. Méchain en Delambre zouden nu de graadmeting tusschen Duinkerken en Barcelona uitvoeren. Zij besloten in plaats van de groote Sectoren en Kwadranten, die door hun voorgangers waren gebruikt, den repetitiecirkel aan te wenden, welke door Borda was uitgevonden en door Delambre werd geconstrueerd. Het werk werd na tallooze tegenspoeden en gevaren in October 1798 ten einde gebracht. Het resultaat van de meting was, dat het meridiaankwadrant een lengte had van 5 130 740 toisen, zoodat de lengte van den Meter bedroeg 0,513 074 0 toise.

De lengte van een toise is niet met juistheid bekend; de „toise du Roi" zou 6 voeten lang zijn, doch deze is later veel korter geworden. Voor de graadmeting in Peru werd de toise aangenomen, welke bij den opgang onder aan de groote trap in het Paleis le Châtelet was bevestigd.

Bij latere graadmetingen is gebleken, dat de maat van den Meter te klein genomen is: Bessel heeft nl. berekend, dat de fout 0,025 Parijsche lijnen of strepen bedraagt.

Op uitnoodiging van de Fransche regeering vereenigde zich in 1872 te Parijs de „Commission internationale du Mètre" welke later werd vervangen door de „Commission internationale des poids et mesures", welke tevens besloot tot de oprichting van een permanent bureau, het „Bureau international". Tot de eerste commissie sloten zich dertig Staten aan, waaronder alle Staten van Europa, behalve Griekenland en Nederland, de Vereenigde Staten van N. Amerika, de Argentijnsche Republiek, Peru, Venezuela, Mexico en Japan.

Als *eenheid van gewicht* werd aangenomen het gewicht van 1/1000 M³ gedestilleerd water in een luchtledige ruimte bij + 4° = 1 KG.

De standaardmeter en het standaardkilogram werden vervaardigd van platina-iridium, door de firma Matthey te Londen onder leiding van Stas en Deville. Het alliage bevat 89,9 % platina, 10,09 % iridium en 0,01 % ijzer. Beide zijn geplaatst in het Pavillon de Breteuil te Sèvres.

Van de standaardkilogrammen zijn 30 stuks vervaardigd, in den vorm van gelijkzijdige cilinders (39 mM hoog en dik, met een volume afwisselend van 46,40

tot 46,51 mL) en een gewichtsverschil van hoogstens 0,01 milligram, waarvan 20 stuks onder twintig Staten werden verdeeld. (26 September 1889).

Onderzoekingen in de laatste jaren hebben aan het licht gebracht, dat het gewicht van 1 Liter water van 4° bedraagt 0,999 96 à 0,999 975 KG. (Standaardkilogram)

Binnenlandsche Maten.

Lengtematen.

Myriameter	=	MM	=	10	KM
Kilometer	=	KM	=	1000	M
Hectometer	=	HM	=	100	M
Decameter	=	DM	=	10	M
Decimeter	=	dM	=	0,1	M
Centimeter	=	cM	=	0,01	M
Millimeter	=	mM	=	0,001	M

Kleinere lengten duidt men aan door een micron = 1/1000 mM = μ

Vlaktematen.

Hectare (bunder) = HA = 100 Are
Are (vierk. roede) = A = 100 M^2
Centiare = cA = 0,01 Are = M^2

Inhoudsmaten.

Kiloliter	=	KL	=	1000	L
Hectoliter (vat of mud)	=	HL	=	100	L
Decaliter (schepel)	=	DL	=	10	L
Liter (kan of kop)	=	L	=	1	dM^3
Deciliter (maatje)	=	dL	=	0,1	L
Centiliter (vingerhoed)	=	cL	=	0,01	L

Kleinere inhouden duidt men aan door microliter = λ = 1/1 000 000 Liter.
Kubieke centimeters duidt men ook wel aan door cc (b.v. in de scheikunde).

Ruimtematen.

Decastère	=	DS	=	10	S
Stère of Wisse	=	S	=	1	M^3
Decistère	=	dS	=	0,1	S

Gewichten.

Myriagram	=	MG	=	10	KG
Kilogram	=	KG			
Hectogram (ons)	=	HG	=	0,1	KG
Decagram (lood)	=	DG	=	0,01	KG
Gram (wichtje)	=	G	=	0,001	KG
Decigram	=	dG	=	0,1	G
Centigram	=	cG	=	0,01	G
Milligram	=	mG	=	0,001	G

Geographische Maten.

1 geographische mijl (Marine mijl, ook wel Duitsche mijl genoemd) = $^1/_{15}$ middelbare meridiaangraad = 4 minuutmijlen = 7407,4074 Meter.

In Duitschland en Frankrijk 1 geographische mijl = $^1/_{15}$ equatoriaalgraad = 7420,4385 Meter = 4 zeemijlen.

1 KM = 0,135 geografische mijl (middelbare).
1 vierk. geogr. mijl = 5486,97 HA (bij middelbaren meridiaangraad).
1 „ „ = 5506,29 „ „ (equatorialen „).
100 HA = 0,018 225 vierk. geogr. mijl.

Uur gaans.

1 uur gaans (Hollandsche mijl) = $^1/_{20}$ middelbare meridiaangraad=5555,5556 M. = $\frac{3}{4}$ Geogr. mijl = 3 zeemijlen.

Bij Kon. Besl. 10 Juni 1863, Stbl. no. 69 werd bepaald: 1 uur afstand = 5,555 KM
Snelheid van 1 uur gaans = 1,5432 M per seconde = 3 zeemijlen per uur.

1 Kilometer = 0,180 uur gaans = 10,8 minuten gaans.

Volgens de hier en elders voorgeschreven snelheden en lengten van den gewonen militairen pas is de afstand van een uur *feitelijk kleiner* dan boven vermeld; hier te lande: 60 × 115 × 0,75 = 5175 M. Dit komt overeen met een snelheid van 1,4375 M per seconde en met: 1 kilometer = 0,193 uur gaans = 11,6 minuten gaans.

Nautische maten.

Lengtematen.

1 zeemijl (minuutmijl), Engelsche mijl, nautical mile, mille marine, Seemeile voor alle landen = $^1/_{60}$ graad van een aardmeridiaankwadrant = 1 minuutboog van een meridiaankwadrant = $^1/_{360}$ × $^1/_{60}$ × 40 000 000 M = 1852 Meter, of ook = $\frac{1}{4}$ Duitsche of Geographische mijl (Zie bldz. 103.) Vroeger was bij ons 1 zeemijl = 23 600 Rijnl. voeten = 7407,4 Ned. el en 1 knoop = $^1/_{480}$ van een zeemijl = ruim 49 voet = 15,4 Ned. el.

De vaart van een schip wordt uitgedrukt in het aantal knoopen (knots, noeuds, Knoten) = aantal zee- of Engelsche mijlen, welke een schip in één uur aflegt, dus ook het aantal Duitsche mijlen per wacht (1 wacht = 4 uur = 4 × 120 glas van 30 secunden). Daar 1 knoop of 1 mijl per uur overeenkomt met 1/3600 × 1852 = 0,5144 M per sec. is de lengte van een knoop (bij een loglijn) voor een logglas, dat in 30 sec. leegloopt 30 × 0,5144 = 15,432 M per glas van 30 sec. of 7,72 M per glas van 15 sec.

1 knoop van de loglijn is in:

Duitschland	6,84 Meter	=	14 sec. glas.
Frankrijk	15,43 ,,	=	30 ,, ,,
Engeland	14,22 ,,	=	28 ,, ,,

1 kabellengte in Duitschland	= $^1/_{10}$ zeemijl	=	185 Meter.
1 ,, ,, Nederland	=	=	225 ,,
1 ,, ,, Frankrijk	=	=	200 ,,
1 ,, ,, Engeland	= $^1/_8$ zeemijl	=	231 ,,

Het Engelsche woord „mile” zonder omschrijving beteekent „statute-mile”; deze is 1609 M lang (zie bldz. 115).

Dieptematen.

Voor Duitschland, Nederland, België, Italië, Oostenrijk en Frankrijk is de Meter de dieptemaat; in Engeland de vadem (Fathom = 6 Eng. voet. = 1,8288 Meter.

Voor de binnenscheepvaart op rivieren, kanalen, enz. wordt in Europa en het Suez-kanaal de kilometer als eenheid van afstand aangenomen; in Amerika en Engeland de statute-mile.

1 Meter = 0,5468 Engelsche vadem.

Lengten van vademen, welke op zeekaarten voorkomen :

Nederland (Rijnl. vadem)	1,883 M.
Denemarken en Noorwegen (faon)	1,883 ,,
Frankrijk (brase)	1,624 ,,
Portugal (braca)	2,200 ,,
Spanje (braza)	1,696 ,,
Rusland (saschen)	1,829 ,,
Zweden (faunar)	1,781 ,,

Daar het soortelijk gewicht van zeewater = 1,02 tot 1,03 is of $^1/_{50}$ tot $^1/_{30}$ zwaarder dan zoetwater, verliest het schip bij overgang in zeewater $^1/_{50}$ tot $^1/_{30}$ van zijn waterverplaatsing, dus wordt zijn diepgang ongeveer met dat bedrag verminderd.

Ruimtematen.

Bij de meeste zeevarende natiën is voor *zeeschepen* in gebruik de registerton = 2,833 M³ = 100 kub. Eng. voet.

1 M³ = 0,353 registerton.

Voor *binnenvaartuigen* geldt bij ons 1 ton = 1 M³ (wet van 22 April 1852, Stbl. nr. 61, betreffende het patentrecht).

De M³ is hier te lande eenheid van scheepsmaat, doch Nederl. meetbrieven moeten den inhoud ook in registertonnen vermelden: bij herleiding van registertonnen tot M³ (vreemde schepen) worden 1000ste deelen van M³ niet in aanmerking genomen (Wet 3 Juni 1875, Stbl. no. 101; Kon. Besl. 21 Aug. 1876. Stbl. no. 146).

Ton als gewicht, verkorte naam voor 1000 KG (niet wettelijk). Ook gebruikt als „scheepston'' bij vrachtberekening van zware ladingen (1 scheepston steen, enz. = 1000 KG).

„Tonnen waterverplaatsing'' (gewicht van schip en lading in tonnen van 1000 KG) = M³ waterverplaatsing × soortelijk gewicht water; voor onze oorlogsschepen wordt hierbij het soortelijk gewicht van zeewater constant = 1,026 berekend.

Scheepslast, verkorte naam voor 2000 KG (niet wettelijk).

1 Amsterdamsch scheepslast = 125 Kub. Amst. voet = 2837,145 dM³.

Voor scheepsvracht is 1 last = 30 HL.

STAAT	MAATEENHEID	NETTO RUIMGEHALTE	
		M³	registertonnen
Engeland	Ton = register = 100 Kub. Eng. voet	2,83	1,00
	ook ton of shipping. 42 Kub. Eng. voet of ongeveer 4 quarters of short ton (zie bladz. 115)	1,189 243	0,42
België	Tonneau	2,83	1,00
Frankrijk	Tonneau de mer	2,83	1,00
Noorwegen	Kommerzlast (165 Noorweegsche kub. Voeten)	5,89	2,08
Zweden	Nyläst	8,98	3,17
	Last, schwere Last	5,17	1,825
Rusland	Last	4,15	1,46
	Finsche zware last	5,19	1,83
V. S. Amerika	Ton (100 kub. Voeten) bruto ruimgehalte voor		
	Zeilschepen	2,75	0,97
	Stoomschepen	1,98	0,70

Onder „**deadweight**'' van een schip (zie ook bij „Scheepsmeting'') verstaat men **het totale gewicht** dat vervoerd kan worden bij het laden tot den grootsten diepgang. Het „**lightweight**'' is **het totale gewicht van het schip met alle hulptoestellen** en met vollen stoom, maar zonder eenigen voorraad. Het deadweight is dus gelijk aan de totale waterverplaatsing verminderd met het lightweight. Bij het deadweight worden altijd gerekend het gewicht van de brandstof, drinkwater, waschwater, badwater, voorraden van passagiers en bemanning, bagage en uitrusting van dezen en het gewicht van alle personen.

Om het „**cargo-weight**'' of laadgewicht te krijgen, moeten al deze posten worden afgetrokken van het deadweight. Daarom is bij een vrachtschip van gelijke grootte het laadgewicht veel grooter dan bij een passagiersschip, ook al omdat andere factoren, zooals snelheid, vorm van het schip, op den inhoud geen beperking uitoefenen.

Oud-Amsterdamsche maten en gewichten.

1 Roede = 13 voet = 3,680 729 M; 1 vadem = 6 voet = 1,698 798 M; 1 el = 0,687 81 M

1 voet (0,283 133 M) = 11 duim (2,573 94 cM) = 88 achtsten (3,217 4 mM).

1 M = 0,271 686 roede = 0,588 652 vadem = 3,531 909 voet = 38,851 0 duim.

1 voet² = 0,080 164 32 M²; 1 duim² = 6,625 150 cM²

1 M^2 = 12,474 381 $voet^2$ = 1 509,40 $duim^2$.
1 $voet^3$ = 0,022 697 16 M^3; 1 $duim^3$ = 17,0527 cM^3
1 M^3 = 44,058 38 $voet^3$ = 58 642 $duim^3$.
1 pond (0,494 090 4 KG) = 16 ons (0,030 88 KG) = 32 lood (0,015 44 KG).
1 KG = 2,023 921 pond = 32,3827 ons = 64,7655 lood.

	Vadem	El	Voet	Duim	$Voet^2$	$Duim^2$	$Voet^3$	$Duim^3$	Pond
	M	M	cM	cM	cM^2	cM^2	cM^3	cM^3	KG
1	1,699	0,688	28,313	2,574	0 801,64	6,62	22 697	17,0	0,494
2	3,398	1,376	56,627	5,148	1 603,29	13,25	45 394	34,1	0,988
3	5,096	2,063	84,940	7,722	2 404,93	19,88	68 091	51,2	1,482
4	6,795	2,751	113,253	10,296	3 206,57	26,50	90 789	68,2	1,976
5	8,494	3,439	141,567	12,870	4 008,21	33,13	113 486	85,3	2,470
6	10,193	4,127	169,880	15,443	4 809,86	39,75	136 183	102,3	2,965
7	11,892	4,815	198,193	18,017	5 611,50	46,38	158 880	119,4	3,459
8	13,590	5,502	226,506	20,591	6 413,14	53,00	181 577	136,4	3,953
9	15,289	6,190	254,820	23,165	7 214,79	59,63	204 274	153,5	4,447
10	16,988	6,878	283,133	25,739	8 016,43	66,25	226 972	170,5	4,941

Amsterdamsche voeten (′) en duimen (″) herleid tot Meters:

	+0″	+1″	+2″	+3″	+4″	+5″	+½′	+6″	+7″	+8″	+9″	+10″
0′	0	0,026	0,051	0,077	0,103	0,129	0,142	0,154	0,180	0,206	0,232	0,257
1′	0,283	0,309	0,335	0,360	0,386	0,412	0,425	0,438	0,463	0,489	0,515	0,541
2′	0,566	0,592	0,618	0,643	0,669	0,695	0,708	0,721	0,746	0,772	0,798	0,824
3′	0,849	0,875	0,901	0,927	0,952	0,978	0,991	1,004	1,030	1,055	1,081	1,107
4′	1,133	1,158	1,184	1,210	1,235	1,261	1,274	1,287	1,313	1,338	1,364	1,390
5′	1,416	1,441	1,467	1,493	1,519	1,544	1,557	1,570	1,596	1,622	1,647	1,673
6′	1,699	1,725	1,750	1,776	1,802	1,828	1,840	1,853	1,879	1,905	1,930	1,956
7′	1,982	2,008	2,033	2,059	2,085	2,111	2,124	2,136	2,162	2,188	2,214	2,239
8′	2,265	2,291	2,317	2,342	2,368	2,394	2,407	2,420	2,445	2,471	2,497	2,522
9′	2,548	2,574	2,600	2,625	2,651	2,677	2,690	2,703	2,728	2,754	2,780	2,806
10′	2,831	2,857	2,883	2,909	2,934	2,960	2,973	2,986	3,012	2,037	3,063	3,089
11′	3,114	3,140	3,166	3,192	3,217	3,243	3,256	3,269	3,295	3,320	3,346	3,372
12′	3,398	3,423	3,449	3,475	3,501	3,526	3,539	3,552	3,578	3,604	3,629	3,655
13′	3,681	3,706	3,732	3,758	3,784	3,809	3,822	3,835	3,861	3,887	3,912	3,938
14′	3,964	3,990	4,015	4,041	4,067	4,093	4,105	4,118	4,144	4,170	4,196	4,221
15′	4,247	4,273	4,298	4,324	4,350	4,376	4,389	4,401	4,427	4,453	4,479	4,504
16′	4,530	4,556	4,582	4,607	4,633	4,659	4,672	4,685	4,710	4,736	4,762	4,788
17′	4,813	4,839	4,865	4,890	4,916	4,942	4,955	4,968	4,993	5,019	5,045	5,071
18′	5,096	5,122	5,148	5,174	5,199	5,225	5,238	5,251	5,277	5,302	5,328	5,354
19′	5,380	5,405	5,431	5,457	5,482	5,508	5,521	5,334	5,560	5,585	5 611	5,637
20′	5,663	5,688	5,714	5,740	5,766	5,791	5,804	5,817	5,843	5,869	5,894	5,920
21′	5,946	5,972	5,997	6,023	6,049	6,074	6,087	6,100	6,126	6,152	6,177	6,203
22′	6,229	6,255	6,280	6,306	6,332	6,358	6,370	6,383	6,409	6,435	6,461	6,486
23′	6,512	6,538	6,564	6,589	6,615	6,641	6,654	6,667	6,692	6,718	6,744	6,769
24′	6,795	6,821	6,847	6,872	6,898	6,924	6,937	6,950	6,975	7,001	7,027	7,053
25′	7,078	7,104	7,130	7,156	7,181	7,207	7,220	7,233	7,259	7,284	7,310	7,336
26′	7,361	7,387	7,413	7,439	7,464	7,490	7,503	7,516	7,542	7,567	7,593	7,619
27′	7,645	7,670	7,696	7,722	7,748	7,773	7,786	7,799	7,825	7,851	7,876	7,902
28′	7,928	7,953	7,979	8,005	8,031	8,056	8,069	8,082	8,108	8,134	8,159	8,185
29′	8,211	8,237	8,262	8,288	8,314	8,340	8,352	8,365	8,391	8,417	8,443	8,468
30′	8,494	8,520	8,545	8,571	8,597	8,627	8,636	8,648	8,674	8,700	8,726	8,751

Decimeters (dM) herleid tot Amsterdamsche voeten (v) en duimen (d):

dM	v—d	dM	v—d	dM	v—d	dM	v—d	dM	v—d	dM	v—d	dM	v—d
5	1- 8,4	17	6-0	29	10- 2,7	41	14- 5,3	53	18-7,9	65	22-10,5	77	27- 2,2
6	2- 1,3	18	6-3,9	30	10- 6,6	42	14- 9,2	54	19-0,8	66	23- 3,4	78	27- 6,0
7	2- 5,2	19	6-7,8	31	10-10,4	43	15- 2,1	55	19-4,7	67	23- 7,3	79	27- 9,9
8	2- 9,1	20	7-0,7	32	11- 3,3	44	15- 5,9	56	19-8,6	68	24- 0,2	80	28- 2,8
9	3- 2,0	21	7-4,6	33	11- 7,2	45	15- 9,8	57	20-1,5	69	24- 4,1	81	28- 6,7
10	3- 5,9	22	7-8,5	34	12- 0,1	46	16- 2,7	58	20-5,3	70	24- 8,0	82	28-10,6
11	3- 9,7	23	8-1,4	35	12- 4,0	47	16- 6,6	59	20-9,2	71	25- 0,8	83	29- 3,5
12	4- 2,6	24	8-5,2	36	12- 7,9	48	16-10,5	60	21-2,1	72	25- 4,7	84	29- 7,3
13	4- 6,5	25	8-9,1	37	13- 0,7	49	17- 3,4	61	21-6,0	73	25- 8,6	85	30- 0,2
14	4-10,4	26	9-2,0	38	13- 4,6	50	17- 7,3	62	21-9,9	74	26- 1,5	90	31- 8,7
15	5- 3,3	27	9-5,9	39	13- 8,5	51	18- 0,1	63	22-2,8	75	26- 5,4	95	33- 6,1
16	5- 7,2	28	9-9,8	40	14- 1,4	52	18- 4,0	64	22-6,6	76	26- 9,3	100	35- 3,1

Nederlandsch medicinaalgewicht, in gebruik geweest van 1821 tot einde 1871; 1 pond = 12 ons; 1 ons = 8 drachmen; 1 drachmen = 3 scrupels; 1 scrupel = 20 greinen;

1 medicinaal-pond = 0,375 KG, dus 1 grein = 65,104 milligram.

Oostindische maten en gewichten.

Lengtematen.

1 Paal (Java) = 400 Rijnl. roeden = 1506,9432 M; 1 KM = 0,663 595 paal.
1 Paal op Sumatra = 1/4 Geogr. mijl = zeemijl = 1852 M.
1 el = Amsterdamsche el = 0,687 81 M.
1 Vadem = Amsterdamsche vadem = 1,698 798 M.

Palen (P) herleid tot Kilometers (KM):

P	KM	P	KM	P	KM	P	KM	P	KM
1	1,507	21	31,646	41	61,785	61	91,924	81	122,062
2	3,014	22	33,153	42	63,292	62	93,430	82	123,569
3	4,521	23	34,660	43	64,799	63	94,937	83	125,076
4	6,028	24	36,167	44	66,305	64	96,444	84	126,583
5	7,535	25	37,674	45	67,812	65	97,951	85	128,090
6	9,042	26	39,181	46	69,319	66	99,458	86	129,597
7	10,549	27	40,687	47	70,826	67	100,965	87	131,104
8	12,056	28	42,194	48	72,333	68	102,472	88	132,611
9	13,562	29	43,701	49	73,840	69	103,979	89	134,118
10	15,069	30	45,208	50	75,347	70	105,468	90	135,625
11	16,576	31	46,715	51	76,854	71	106,993	91	137,132
12	18,083	32	48,222	52	78,361	72	108,500	92	138,639
13	19,590	33	49,729	53	79,868	73	110,007	93	140,146
14	21,097	34	51,236	54	81,375	74	111,514	94	141,653
15	22,604	35	52,743	55	82,882	75	113,021	95	143,160
16	24,111	36	54,250	56	84,389	76	114,528	96	144,667
17	25,618	37	55,757	57	85,896	77	116,035	97	146,173
18	27,125	38	57,264	58	87,403	78	117,542	98	147,680
19	28,632	39	58,771	59	88,910	79	119,048	99	149,187
20	30,139	40	60,278	60	90,417	80	120,555	100	150,694

Kilometers (KM) herleid tot Palen:

KM	Palen	KM	Palen	KM	Palen	KM	Palen	KM	Palen
1	0,6636	21	13,9355	41	27,2074	61	40,4793	81	53,7512
2	1,3272	22	14,5991	42	27,8710	62	41,1429	82	54,4148
3	1,9908	23	15,2627	43	28,5346	63	41,8065	83	55,0784
4	2,6544	24	15,9263	44	29,1982	64	42,4701	84	55,7420
5	3,3180	25	16,5899	45	29,8618	65	43,1337	85	56,4056
6	3,9816	26	17,2535	46	30,5254	66	43,7973	86	57,0692
7	4,6452	27	17,9171	47	31,1890	67	44,4609	87	57,7328
8	5,3088	28	18,5807	48	31,8526	68	45,1245	88	58,3964
9	5,9724	29	19,2443	49	32,5162	69	45,7881	89	59,0600
10	6,6360	30	19,9079	50	33,1798	70	46,4517	90	59,7236
11	7,2995	31	20,5714	51	33,8433	71	47,1152	91	60,3871
12	7,9631	32	21,2350	52	34,5069	72	47,7788	92	61,0507
13	8,6267	33	21,8986	53	35,1705	73	48,4424	93	61,7143
14	9,2903	34	22,5622	54	35,8341	74	49,1060	94	62,3779
15	9,9539	35	23,2258	55	36,4977	75	49,7696	95	63,0415
16	10,6175	36	23,8894	56	37,1613	76	50,4332	96	63,7051
17	11,2811	37	24,5530	57	37,8249	77	51,0968	97	64,3687
18	11,9447	38	25,2166	58	38,4885	78	51,7604	98	65,0323
19	12,6083	39	25,8802	59	39,1521	79	52,4240	99	65,6959
20	13,2719	40	26,5438	60	39,8157	80	53,0876	100	66,3595

Voor lijnwaden: 1 depa = 4 hasta = ± 1,7 M.
1 hasta = 2 kilan = ± 0,42 „
1 kilan = = ± 0,21 „

Vlaktematen.

1 vierkante paal = 320 bouws = 227,087 78 HA = 2,270 877 8 vierk. KM.
1 Bouw (bahoe) = 500 vierk. Rijnl. roeden = 7 096,493 15 M^2.
100 HA = 1 vierk. kilometer = 0,440 358 vierk. paal = 140,914 7 bouws.

Bouws (B) herleid tot Hectaren (HA):

B	HA	B	HA	B	HA	B	HA	B	HA
1	0,7096	21	14,9026	41	29,0956	61	43,2886	81	57,4816
2	1,4193	22	15,6123	42	29,8053	62	43,9983	82	58,1912
3	2,1289	23	16,3219	43	30,5149	63	44,7079	83	58,9009
4	2,8386	24	17,0316	44	31,2246	64	45,4176	84	59,6105
5	3,5482	25	17,7412	45	31,9342	65	46,1272	85	60,3202
6	4,2579	26	18,4509	46	32,6439	66	46,8369	86	61,0298
7	4,9675	27	19,1605	47	33,3535	67	47,5465	87	61,7395
8	5,6772	28	19,8702	48	34,0632	68	48,2562	88	62,4491
9	6,3868	29	20,5798	49	34,7728	69	48,9658	89	63,1588
10	7,0965	30	21,2895	50	35,4825	70	49,6755	90	63,8684
11	7,8061	31	21,9991	51	36,1921	71	50,3851	91	64,5781
12	8,5158	32	22,7088	52	36,9018	72	51,0947	92	65,2877
13	9,2254	33	23,4184	53	37,6114	73	51,8044	93	65,9974
14	9,9351	34	24,1281	54	38,3211	74	52,5140	94	66,7070
15	10,6447	35	24,8377	55	39,0307	75	53,2237	95	67,4167
16	11,3544	36	25,5474	56	39,7404	76	53,9333	96	68,1263
17	12,0640	37	26,2570	57	40,4500	77	54,6438	97	68,8360
18	12,7737	38	26,9667	58	41,1597	78	55,3526	98	69,5456
19	13,4833	39	27,6763	59	41,8693	79	56,0623	99	70,2553
20	14,1930	40	28,3860	60	42,5790	80	56,7719	100	70,9649

1 Djoeng (West Java) = 2 bouws.
1 Pantjov (Oost Java) = 4 bouws.
1 Oude bouw in Besoeki = ± 1400 vierk. Rijnl. roeden.
1 Oude bouw in Pasoeroean = ± 1225 vierk. Rijnl. roeden.
1 Patok (Preanger) = $^1/_{20}$ bouw (5 × 5 Rijnl. roeden).
1 Tenah (Bali en Lombok) = 500 petjarakan van 9 M^2 = 0,63 bouw.
In Lombok (Ampenan) ook nog van 800 petjarakan.

Hectaren (HA) herleid tot Bouws:

HA	Bouws	HA	Bouws	HA	Bouws	HA	Bouws	HA	Bouws
1	1,409	21	29,592	41	57,775	61	85,958	81	114,141
2	2,818	22	31,001	42	59,184	62	87,367	82	115,550
3	4,227	23	32,410	43	60,593	63	88,776	83	116,959
4	5,637	24	33,820	44	62,002	64	90,185	84	118,368
5	7,046	25	35,229	45	63,412	65	91,595	85	119,777
6	8,455	26	36,638	46	64,821	66	93,004	86	121,187
7	9,864	27	38,047	47	66,230	67	94,413	87	122,596
8	11,273	28	39,456	48	67,639	68	95,822	88	124,005
9	12,682	29	40,865	49	69,048	69	97,231	89	125,414
10	14,091	30	42,274	50	70,457	70	98,640	90	126,823
11	15,501	31	43,684	51	71,866	71	100,049	91	128,232
12	16,910	32	45,093	52	73,276	72	101,459	92	129,642
13	18,319	33	46,502	53	74,685	73	102,868	93	131,051
14	19,728	34	47,911	54	76,094	74	104,277	94	132,460
15	21,137	35	49,320	55	77,503	75	105,686	95	133,869
16	22,546	36	50,729	56	78,912	76	107,095	96	135,278
17	23,955	37	52,138	57	80,321	77	108,504	97	136,687
18	25,365	38	53,548	58	81,731	78	109,913	98	138,096
19	26,774	39	54,957	59	83,140	79	111,323	99	139,506
20	28,183	40	56,366	60	84,549	80	112,732	100	140,915

Ruimtematen.

Maten voor droge waren.

1 Toembak (brandhout) = 216 kub. Rijnl. voet = 6,684 M³.
1 Kojang (gewoon) = 32 pikol = 1976,362 KG.
1 ton = 16 pikol = 988,181 KG.
1 Kojang (als zoutmaat) = 30 pikols = 240 gantangs = 2011,316 liter.
1 Pikol (als zoutmaat) = 8 gantangs = 64 batoks = 67,044 liter.
1 hectoliter zout = 0,049 719 kojang = 1,491 56 pikol.
1 Gantang (zout, rijst) = 468 kub. Rijnl. duim = 8,380 483 liter; 1 liter = 0,119 325 gantang.
1 Batok = $^1/_8$ gantang = 1,048 liter; 1 liter = 0,9546 batok.
1 Kalkton (Bataviasche ton) = 3 kub. Rijnl. voet = 92,830 liter; 1 HL = 1,077 kalkton.

Vochtmaten.

1 Legger = 388 kan = 588,153 liter; 1 HL = 0,170 024 legger.
1 Halve legger = 196 kan = 297,108 liter; 1 HL = 0,336 577 halve legger.
1 Ton (stroop) = 48 kan = 72,761 L.
1 Takker (takar) (olie) = 17 kan = 25,770 liter; 1 HL = 3,880 540 takker.
1 Kit (olie) = 4 koelak = 10 kan = 15,159 liter; 1 HL = 6,596 918 kit.
1 (Bataviasche) kan = 1,515 859 liter; 1 liter = 0,659 692 Batav. kan.
1 kist (petroleum) = 2 blikken = 10 Am. gallons. = 37,8 L.

Inhoudsmaten herleid tot Hectoliters (HL) of Liters (L):

	Kojangs zout.	Pikols zout.	Gantangs.	Batoks.	Leggers.	$^1/_2$ Leggers.	Takkers.	Kitten.	Kannen.
	HL	HL	L	L	HL	HL	HL	L	L
$^1/_8$	2,51	0,083 8	1,05						
$^1/_4$	5,03	0,167 6	2,10						
$^1/_2$	10,06	0,335 2	4,19						
1	20,11	0,670 4	8,38	1,05	5,88	2,97	0,258	15,16	1,52
2	40,23	1,340 9	16,76	2,10	11,76	5,94	0,515	30,32	3,03
3	60,34	2,011 3	25,14	3,14	17,64	8,91	0,773	45,48	4,55
4	80,45	2,681 8	33,52	4,19	23,53	11,88	1,031	60,63	6,06
5	100,57	3,352 2	41,90	5,24	29,40	14,86	1,289	75,79	7,58
6	120,68	4,022 6	50,28	6,29	35,28	17,83	1,546	90,95	9,10
7	140,79	4,693 1	58,66	7,33	41,17	20,80	1,804	106,11	10,61
8	160,91	5,363 5	67,04	8,38	47,05	23,77	2,062	121,27	12,13
9	181,02	6,033 9	75,42	9,43	52,93	26,74	2,319	136,43	13,64
10	201,13	6,704 4	83,80	10,48	58,82	29,71	2,577	151,59	15,16

Metrieke inhoudsmaten herleid tot Oostindische:

	HL zout		Liters.		Hectoliter.			Liters.	
	Kojangs.	Pikols	Gantangs.	Batoks.	Leggers.	½ Leggers.	Takkers.	Kitten.	Kannen.
1	0,0497	1,492	0,0119	0,955	0,170	0,337	3,881	6,597	0,660
2	0,0994	2,983	0,0239	1,909	0,340	0,673	7,761	13,194	1,319
3	0,1492	4,475	0,0358	2,864	0,510	1,010	11,642	19,791	1,979
4	0,1989	5,966	0,0477	3,818	0,680	1,346	15,522	26,388	2,639
5	0,2486	7,458	0,0597	4,773	0,850	1,683	19,403	32,985	3,298
6	0,2983	8,949	0,0716	5,728	1,020	2,019	23,283	39,582	3,958
7	0,3480	10,441	0,0835	6,682	1,190	2,365	27,164	46,178	4,618
8	0,3978	11,932	0,0955	7,637	1,360	2,693	31,044	52,775	5,278
9	0,4475	13,424	0,1074	8,591	1,530	3,029	34,925	59,372	5,937
10	0,4972	14,916	0,1193	9,546	1,700	3,366	38,805	65,969	6,597

Gewichten.

1 pikol (handelsgewicht, ook pikol datjin genaamd) = 125 Amst. pond = 61,7613 KG. 1000 KG = 16,1914 pikols.
1 katje (kati) = 1/100 pikol = 0,6176 KG. 1 KG = 1,6191 katjes.
1 thail (opium) = 10 tji = 100 mata = 1/16 katje = 0,0386 KG. 1 KG = 25,9062 thails.
1 maas of tji = 10 tiembang = 1/10 thail = 3,86 gram. 1 gram = 0,2591 maas of tji.
1 tiembang (mata of hoen) = 0,386 gram.
1 thail (edele metalen) = 2 reaal = 2 Spaansche mat = 54,09 gram
1 reaal (idem) = 4 soekoe = 1 „ „ = 27,045 „
1 soekoe (idem) = 2 tali = 6,761 gram.
1 tali (idem) = 3 wang = 3,381 gram.
1 wang is 1,127 gram.

Rijstmaten en gewichten.

West-Java: 1 potjong (handgreep) = 5 kati.
1 gèdeng, pintjar of kikat (bos of schoof) = 10 kati.
1 sangga = 5 gèdengs = 50 kati.
1 amet = 10 tot 40 sangga (naar gelang van de streek).
1 tjaing is ± 20 pikol.
Midden-Java: in pikols en kati's.
1 gantang = 10 kati.
Oost-Java: 1 gantang = 5 kati.

De rijst wordt gewoonlijk verhandeld per zak en wel en gros per pikol en in den detailhandel per gantang.

1 karoeng (zak) (bras en gaba) = 10 gantangs, ook wel pikol gantang genoemd.

10 gantang Javarijst met 30 % breuk, Saigon- en Rangoonrijst wegen 112 kati; enkel gebroken korrels zooals Siamrijst A en C, wegen per 10 gantang 113 kati.
1 pikol rijst staat dus gelijk met ongeveer 8,9 gantang.
1 pikol padi geeft gemiddeld 5 gantangs of 0,57 pikol rijst.
1 ikat padi geeft gemiddeld 20 kati bras.

Bij het opslaan in pakhuizen of voor ladingen in vaartuigen spreekt men ook van kojangs rijst en wel bevat

1 kojang rijst { te Batavia = 27 pikols = 253 gantangs = 1667,955 KG.
te Semarang = 28 pikols = 1729,316 KG.
te Soerabaja = 30 pikols = 1852,839 KG. }

1 kojang zout = 30 pikols = 1852,839 KG.

1000 KG = 0,599 68 kojang v. 27 pk. = 0,578 26 kojang pk. 28 pk. = 0,539 71 kojang v. 30 pk.

1 tjaeng (Preanger) = 10 pikol padi van ± f 16 waarde.

1 gèdeng (Preanger) = 14 kati nat en 11 kati droog.

Pikols (Pk) herleid tot Kilogrammen:

Pk.	Kilogr.	Pk.	Kilogr.	Pk.	Kilogr.	Pk.	Kilogr.
1	61,7613	26	1605,7938	51	3149,8263	76	4693,8588
2	123,5226	27	1667,5551	52	3211,5876	77	4755,6201
3	185,2839	28	1729,3164	53	3273,3489	78	4817,3814
4	247,0452	29	1791,0777	54	3335,1102	79	4879,1427
5	308,8065	30	1852,8390	55	3396,8715	80	4940,9040
6	370,5678	31	1914,6003	56	3458,6328	81	5002,6653
7	432,3291	32	1976,3616	57	3520,3941	82	5064,4266
8	494,0904	33	2038,1229	58	3582,1554	83	5126,1879
9	555,8517	34	2099,8842	59	3643,9167	84	5187,9492
10	617,6130	35	2161,6455	60	3705,6780	85	5249,7105
11	679,3743	36	2223,4068	61	3767,4393	86	5311,4718
12	741,1356	37	2285,1618	62	3829,2006	87	5373,2331
13	802,8969	38	2346,9294	63	3890,9619	88	5434,9944
14	864,6582	39	2408,6907	64	3952,7232	89	5496,7557
15	926,4195	40	2470,4520	65	4014,4845	90	5558,5170
16	988,1808	41	2532,2133	66	4076,2458	91	5620,2783
17	1049,9421	42	2593,9746	67	4138,0071	92	5682,0396
18	1111,7034	43	2655,7359	68	4199,7684	93	5743,8009
19	1173,4647	44	2717,4972	69	4261,5297	94	5805,5622
20	1235,2260	45	2779,2585	70	4323,2910	95	5867,3235
21	1296,9873	46	2841,0198	71	4385,0523	96	5929,0848
22	1358,7486	47	2902,7811	72	4446,8136	97	5990,8461
23	1420,5099	48	2964,5424	73	4508,5749	98	6052,6074
24	1482,2712	49	3026,3037	74	4570,3362	99	6114,3687
25	1544,0325	50	3088,0650	75	4632,0975	100	6176,1300

Kojangs herleid tot Kilogrammen.

	Kojangs van		
	27 p.	28 p.	30 p.
	KG	KG	KG
1	1 668	1 729	1 853
2	3 335	3 459	3 706
3	5 003	5 188	5 559
4	6 670	6 917	7 411
5	8 338	8 647	9 264
6	10 005	10 376	11 117
7	11 673	12 105	12 970
8	13 340	13 835	14 823
9	15 008	15 564	16 676
10	16 676	17 293	18 528

Kilogrammen of tonnen van 1000 KG herleid tot Oostindische gewichten:

	KG	Tonnen van 1000 KG			
	Katjes.	Pikols	Koj. v. 27 pk.	Koj. v. 28 pk.	Koj. v. 30 pk.
1	1,619	16,19	0,5997	0,5783	0,5397
2	3,238	32,38	1,1994	1,1565	1,0794
3	4,857	48,57	1,7990	1,7348	1,6191
4	6,477	64,77	2,3987	2,3131	2,1588
5	8,096	80,96	2,9984	2,8913	2,6986
6	9,715	97,15	3,5981	3,4696	3,2383
7	11,334	113,34	4,1978	4,0478	3,7780
8	12,953	129,53	4,7974	4,6261	4,3177
9	14,572	145,72	5,3971	5,2044	4,8574
10	16,191	161,91	5,9968	5,7826	5,3971

Engelsche duimen en onderdeelen daarvan herleid tot milimeters.

Eng. duim	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16	Eng. duim
0	0,000	1,587	3,175	4,762	6,350	7,937	9,525	11,112	12,700	14,287	15,875	17,462	19,050	20,637	22,225	23,812	0
1	25,400	26,987	28,574	30,162	31,749	33,337	34,924	36,512	38,099	39,687	41,247	42,862	44,449	46,037	47,624	49,212	1
2	50,799	52,387	53,974	55,561	57,149	58,736	60,324	61,911	63,499	65,086	66.674	68,261	69,849	71,436	73,024	74,611	2
3	76,199	77,786	79,374	80,961	82,549	84,136	85,723	87,311	88,898	90,486	92,073	93,661	95,248	96,836	98,423	100,01	3
4	101,60	103,19	104,77	106,36	107,95	109,54	111,12	112,71	114,30	115,89	117,47	119,06	120,65	122,24	123,82	125,41	4
5	127,00	128,59	130,17	131,76	133,35	134,94	136,52	138,11	139,70	141,28	142,87	144,46	146,05	147,63	149,22	150,81	5
6	152,40	153,98	155,17	157,16	158,75	160,33	161,92	163,51	165,10	166,68	168,27	169,86	171,45	173,03	174,62	176,21	6
7	177,80	179,38	180,97	182,56	184,15	185,73	187,32	188,91	190,50	192,08	193,67	195,26	196,85	198,43	200,02	201,61	7
8	203,20	204,78	206,37	207,96	209,55	211,13	212,72	214,31	215,90	217,48	219,07	220,66	222,25	223,83	225,42	227,01	8
9	228,60	230,18	231,77	233,36	234,95	236,53	238,12	239,71	241,30	242,88	244,47	246,06	247,65	249,23	250,82	252,41	9
10	254,00	255,58	257,17	258,76	260,35	261,93	263,52	265,11	266,70	268,28	269,87	271,46	273,05	274,63	276,22	277,81	10
11	279,39	280,98	282,57	284,16	285,74	287,33	288,92	290,51	292,09	293,68	295,27	296,86	298,44	300,03	301,62	303,21	11
12	304,79	306,38	307,97	309,56	311,14	312,73	314,32	315,91	317,49	319,08	320,67	322,26	323,84	325,43	327,02	328,61	12
13	330,19	331,78	333,37	334,96	336,54	338,13	339,72	341,31	342,89	344,48	346,07	347,66	349,24	350,83	352,42	354,01	13
14	335,59	357,18	358,77	360,36	361,94	363,53	365,12	366,71	368,29	369,88	371,47	373,06	374,64	376,23	377,82	379,41	14
15	380,99	382,58	384,17	385,76	387,34	388,93	390,52	392,11	393,69	395,28	396,87	398,46	400,04	401,63	403,22	404,81	15
16	406,39	407,98	409,57	411,16	412,74	414,33	415,92	417,50	419,09	420,68	422,27	423,85	425,44	427,03	428,62	430,20	16
17	431,79	433,38	434,97	436,55	438,14	439,73	441,32	442,90	444,49	446,08	447,67	449,25	450,84	452,43	454,02	455,60	17
18	457,19	458,78	460,37	461,95	463,54	465,13	466,72	468,30	469,89	471,48	473,07	474,65	476,24	477,83	479,42	481,00	18
19	482,59	484,18	485,77	487,35	488,94	490,53	492,12	493,70	495,29	496,88	498,47	500,05	501,64	503,23	504,82	506,40	19
20	507,99	509,58	511,17	512,75	514,34	515,93	517,52	519,10	520,69	522,28	523,87	525,45	527,04	528,63	530,22	531,80	20
21	533,39	534,98	536,57	538,15	539,74	541,33	542,92	544,50	546,09	547,68	549,27	550,85	552,44	554,03	555,61	557,20	21
22	558,79	560,38	561,96	563,55	565,14	566,73	568,31	569,90	571,49	573,08	574,66	576,25	577,84	579,43	581,01	582,60	22
23	584,19	585,78	587,36	588,95	590,54	592,13	593,71	595,30	596,89	598,48	600,06	601,65	603,24	604,83	606,41	608,00	23
24	609,59	611,18	612,76	614,35	615,94	617,53	619,11	620,70	622,29	623,88	625,46	627,05	628,64	630,23	631,81	633,40	24

Engelsche voeten en duimen herleid tot Meters.

Engelsche voeten	ENGELSCHE DUIMEN											
	+ 0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 8	+ 9	+ 10	+ 11
1	0,305	0,330	0,356	0,381	0,406	0,432	0,457	0,483	0,508	0,533	0,559	0,584
2	0,610	0,635	0,660	0,686	0,711	0,737	0,762	0,787	0,813	0,838	0,864	0,889
3	0,914	0,940	0,965	0,991	1,016	1,041	1,067	1,092	1,118	1,143	1,168	1,194
4	1,219	1,245	1,270	1,295	1,321	1,346	1,372	1,397	1,422	1,448	1,473	1,499
5	1,524	1,549	1,575	1,600	1,626	1,651	1,676	1,702	1,727	1,753	1,778	1,803
6	1,829	1,854	1,880	1,905	1,930	1,956	1,981	2,007	2,032	2,057	2,083	2,108
7	2,134	2,159	2,184	2,210	2,235	2,281	2,286	2,311	2,337	2,362	2,388	2,413
8	2,438	2,464	2,489	2,515	2,540	2,565	2,591	2,616	2,642	2,667	2,692	2,718
9	2,743	2,769	2,794	2,819	2,845	2,870	2,896	2,921	2,946	2,972	2,997	3,023
10	3,048	3,073	3,099	3,124	3,150	3,175	3,200	3,226	3,251	3,277	3,302	3,327
11	3,353	3,378	3,404	3,429	3,454	3,480	3,505	3,531	3,556	3,581	3,607	3,632
12	3,658	3,683	3,708	3,734	3,759	3,785	3,810	3,835	3,861	3,886	3,912	3,937
13	3,962	3,988	4,013	4,039	4,064	4,089	4,115	4,140	4,166	4,191	4,216	4,242
14	4,267	4,293	4,318	4,343	4,369	4,394	4,420	4,445	4,470	4,496	4,521	4,547
15	4,572	4,597	4,623	4,648	4,674	4,699	4,724	4,750	4,775	4,801	4,826	4,851
16	4,877	4,902	4,928	4,953	4,978	5,004	5,029	5,055	5,080	5,105	5,131	5,156
17	5,128	5,207	5,232	5,258	5,283	5,308	5,334	5,359	5,385	5,410	5,436	5,461
18	5,486	5,512	5,537	5,563	5,588	5,613	5,639	5,664	5,690	5,715	5,740	5,766
19	5,791	5,817	5,842	5,867	5,893	5,918	5,944	5,969	5,994	6,020	6,045	6,071
20	6,096	6,121	6,147	6,172	6,198	6,223	6,248	6,274	6,299	6,325	6,350	6,375
21	6,401	6,426	6,452	6,477	6,502	6,528	6,553	6,579	6,604	6,629	6,655	6,680
22	6,706	6,731	6,756	6,782	6,807	6,883	6,858	6,883	6,909	6,934	6,940	6,985
23	7,010	7,036	7,061	7,087	7,112	7,137	7,163	7,188	7,214	7,239	7,264	7,290
24	7,315	7,341	7,366	7,391	7,417	7,442	7,468	7,493	7,518	7,544	7,569	7,595
25	7,620	7,645	7,671	7,696	7,722	7,747	7,772	7,798	7,823	7,849	7,874	7,899

Buitenlandsche maten en gewichten.

Engelsche maten en gewichten.

Bekend als „Imperial system"; berusten op het „Standard Pound" en de „Standard Yard". De oorsprong van beide standaarden is te zoeken in het Alexandrijnsche Talent of het gewicht van een ouden Egyptischen koninklijken kubieken voet water. Het talent was verdeeld in 3000 shekels of 1500 ounces en deze ounce was de basis van het gewicht in Rome, vanwaar het in Engeland en eenige andere landen werd overgebracht.

Lengtematen.

De Standard Yard is een bronzen staaf, waarvan de lengte gemeten wordt bij 62°. De lengte is afgeleid van de Foot en wel is een foot = $^1/_3$ imperial yard. De foot was de afmeting, waarvan het kubiek juist 1000 oude Engelsche ouncen water bevat.

1 statute mile = 8 furlongs = 1760 yards = 1609,314 96 Meter.
1 furlong = 10 chains = 220 yards = 201,164 Meter.
1 rod pole (perch) = $5^1/_2$ yard = 5,029 109 Meter.
1 chain = 4 rods = 22 yards = 100 links.
1 yard (imperial standard yard) = 0,914 383 5 Meter.
1 fathom (vadem) = 2 yards = 1,828 767 Meter.
1 foot (voet) = $^1/_3$ yard = 12 inches (duimen) = 0,304 794 5 Meter.
1 inch (duim) = 2,539 954 cM.
1 cable's length = 120 fathoms.
1 fathom = 6 feet.
1 mile = 80 chains.
1 link = 7,92 inches.

Vlaktematen.

Deze maten zijn oorspronkelijk afgeleid uit de square furlong (= 40 × 40 rods), welke verdeeld was in 10 deelen, elk van 40 × 4 rods = 1 acre, welke weder was verdeeld in 4 smallere strooken van 1 rod breedte en 40 rods lengte of de rood.

1 acre = 160 sq. rods = 4840 yard² = 4046,7104 M².
1 rood = $^1/_4$ acre = 40 sq. rod = 1011,678 M².
1 square pole = 1 sq. rod = 1 sq. perch = 39,25 yard² = 25,291 94 M².
1 square yard = 9 feet² = 0,836 097 2 M².
1 square foot = 144 sq. inches = 0,092 899 7 M².
1 square inch = 6,451 367 cM².
1 square mile = 258,9 HA.

Inhoudsmaten

1 cubic yard = 0,764 513 47 M³.
1 cubic foot = 1728 cubic inches = 0,028 315 31 M³. = 28,315 31 Liter.
1 cubic inch = 16,386 2 cM³.

1 gallon (imperial gallon), grondslag voor alle inhoudsmaten voor droge en natte waren = 4,543 458 Liter.

1 quarter	= 64 gallons	= 2,907 813	HL.
1 sack	= 24 gallons	= 1,090 430	„
1 bushel	= 8 gallons	= 0,363 476 6	„
1 peck	= 2 gallons	= 9,086 92	Liter.
1 quart	= $^1/_4$ gallon	= 1,135 86	„
1 pint	= $^1/_8$ gallon	= 0,567 932	„
1 gill	= $^1/_{32}$ gallon	= 0,141 983	„

Gewichten.

Het algemeen aangenomen gewicht is het Avoir-du-poids (eigenlijk is de oude naam Averdepois); voor edele metalen en als medicinaal gewicht gebruikt men nog wel troy of trooisch gewicht maar het zal spoedig verdwijnen. Reeds in 1914 is wettelijk het metriek stelsel in de geneeskunde ingevoerd. De gelijknamige gewichtseenheden van beide worden van elkander onderscheiden door avoir (av.) of troy achter of voor den naam te plaatsen. Zonder zoodanige bijvoeging verstaat men steeds, avoir-du-poids en onder grein (grain) trooisch gewicht.

Het *standard pound* is een stuk platina. De verhouding der gewichten in het Imperial system is

	1 dram	= $27^1/_3$	grains.
1 ounce	= 16 drams	= $437^1/_2$	grains.
1 pound	= 16 ounces	= 7000	grains.
1 quarter	= 28 pounds.		

1 stone = 14 pounds
1 centweight = 8 stones
1 ton = 20 centweights

1 gallon w.t. = 10 pounds.
1 cental = 100 „
1 short ton = 2000 „

Avoir-du-poidsgewicht.

1 pound (lb) = 16 ounces = 7000 grein (grain) = 1,2153 pound trooisch = 0,453 592 65 KG.
1 centweight (cwt) = 8 stones = 112 lbs = 50,8024 KG.
1 ton (statute) = 20 centweight (cwt) = 2240 lbs = 1016,0475 KG.
1 ounce (oz) = $^1/_{16}$ pound (lb) = 16 drachmes (drams = 437,5 grains = 28,3495 gram.
1 drachme (dram) = $^1/_{16}$ ounce (oz) = 27,343 grains = 1,771 85 gram.
1 scrupel = $^1/_3$ dram = 10 grains av. = 0,590 62 gram.

Troy (trooisch) gewicht.

1 pound (lb) = 12 ounces = 5760 grains = 0,373 242 KG.
1 ounce (oz) = 480 grains = 20 penny weights = 31,1035 gram.
1 penny weight (dwt) = $^1/_{20}$ ounce = 24 grains = 1,555 17 gram.
1 grain = $^1/_{24}$ penny weight (dwt) = 64,799 milligram.
1 scrupel = 20 grains voor medicinaal gewicht.
1 drachme = 60 grains (teeken ʒ) voor medicinaal gewicht.

In Amerika is 1 ton somtijds = 2000 lbs. av. = 907,1853 KG en 1 centweight (cwt) = 100 lbs. av. = 45,359 265 KG.

Als *Essay gewicht* en voor edel metaal wordt gebezigd de karaat, afgeleid van het gewicht van een oude Arabische munt, de Mithkal, welke woog 1/6 ounce of 24 karaat; alzoo 1 karaat = 3,03 grains. Het gehalte wordt aangegeven in het aantal zuivere karaat, dat in 24 karaat vervat is.

Voor edelgesteenten bezigt men een karaat van 3,168 grain. Standaardgoud bevat 22 karaat of 916,66 per 1000 gehalte. Standaardzilver heeft 37/40 of 925 per 1000 gehalte.

Verschillende verhoudingsgetallen voor Engelsche en metrische maat.

1 foot-pound = 0,138 255 Kilogrammeter = 0,000 323 5 calorieën.
1 pound to the foot = 1,4882 KG per Meter.
1 pound per yard = 0,496 KG per M.
1 ton per mile = 631 KG per KM
1 pound per square foot = 4,8824 KG per M².
1 „ „ „ inch = 0,070 309 „ „ cM² = 703,09 KG per M².
1 ton per square foot = 1,0948 KG per cM².
1 „ „ „ yard = 0,1215 „ „ „
1 ton per square inch = 1,575 KG per mM².
1 pound per cubic foot = 0,016 KG per L = 16 KG per M³.
1 ounce „ „ „ = 1 gram per L.
1 grain per gallon = 14,3 milligram per liter. In Amerika 16,66 mgr. per L.
1 gallon per cubic yard = 5,43 liter per M³.
1 ton per 1000 gallons = 0,2237 milligram per liter.
1000 gallons per acre = 11,22 M³ per HA = 1,122 liter per M².
1 cub. foot per acre = 70 liter per HA.
1 acre-foot = 1 ft. waterhoogte per acre = 1233,4342 M³.
1 inch waterhoogte is 254 M³ per HA.
1 inch waterhoogte per etmaal of 2,52 cub. foot per acre per minuut = 2,94 L per sec. per HA = 27 second foot (sec. ft) per square mile.
1 sec. ft. square mile is 0,1094 L per sec. per HA.
verhangen:
1 foot on the mile = 1/5280 = 0,000 19.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Argentijnsche Republiek.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Braza à 2 Vara à 4 Palmas=1,732 M 1 Legua à 3000 Braza = 5,196 KM . .	 0,5774 0,1925	Metriek stelsel. Vroeger: 1 kwadraat Legua = 26,998 42 KM².	 0,037 04	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Fanega à 4 Cuartillas à 3 Almudes = 1,372 HL . . 1 Barril à 4 Canecas à 8 Frascos = 0,76 HL . . . . 1 Pipa à 4 Cargas à 16 Cortagnes = 4,56 HL	 0,7289 1,3158 0,2193	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Libra à 2 Marcos à 8 Onzas à 16 Adarmes à 60 Granos = 0,459 37 KG 1 Quintal à 4 Arrobas à 25 Libras = 45,9376 KG	 2,176 91 $\frac{2,176\ 91}{100}$
België.	Metriek stelsel.		Metriek stelsel.		Metriek stelsel.		Metriek stelsel.	
Brazilië.	Metriek stelsel. Vroeger: Oud Portugeesch 1 Covado à 2 Pé à 1,5 Palmos = 0,660 M. 1 Braza à 2 Vara = 2,2 M . . . . 1 Legua = 6,183 KM . . . . 1 Pé = 0,33 M . .	 1,5152 0,4545 0,1617	Metriek stelsel. Vroeger: Oud Portugeesch 1 kwadraat Covado = 0,4356 M² . . . . 1 kwadraat Pé = 0,1089 M² . . . . . . 1 kwadr. Braza = 4,84 M² . . . . 1 kwadr. Legua = 38,2295 M²	 2,2957 9,1827 0,2066 0,026 16	Metriek stelsel. Vroeger: Oud Portugeesch 1 Majo 15 Fanegas à 4 Alqueires. 1 Alqueira à 4 Maquias in Rio de Janeiro = 0,3628 HL . . . . in Bahia = 0,3141 HL . . . . 1 Pipa = 4,007 HL	 2,7563 3,2113 0,2496	Metriek stelsel. Vroeger: Oud Portugeesch 1 Quintal à 4 Arrobas à 32 Arratels = 58,752 KG . . . 1 Tonnelada = 13,5 Quintal = 793,152 KG	 $\frac{1,702\ 05}{100}$ $\frac{0,126\ 08}{100}$

*) *Opmerking.* In de kolommen $\frac{1}{n}$ zijn de verhoudingen of vergelijkingsgetallen aangegeven van het metrieke stelsel met de maat- en gewichtseenheden, zoodat $\frac{1}{n}$ het aantal betreffende maateenheden voorstelt, overeenkomende met de metrieke eenheid.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Britsch-Indië	1 cubit = 45,7 cM		1 Biggah = 1337 M^2 1 cottah = 66,88 M^2		Vloeistoffen en granen bij gewicht . .		1 Candy = 20 Maunds . . . . 1 Maund = 40 Seer = 3200 tola = $82^3/_7$ pd. a. d. p. . . . . . 1 Pusseree = 5 seer = 80 chittacks = $4^2/_3$ KG . . . . 1 Tola (Indië) = gewicht van 1 roepy . . . . 1 Seer (Z.-Indië) = 24 tola = 0,28 KG 1 Bazar-Maund = 37,251 KG . . . . . 1 Factory-Maund = 33,865 KG . . . . . 1 Maund (Madras) = 25 pd a. d. p. = 8 viss . . . . 1 Maund (Bombay) = 28 pd. a. d. p. . . 1 Maund (made tea) = 80 pd. a.d.p. = 72 halve KG . . . . 1 Viss (Birmah) = 100 tical = 3,65 pd. a. d. p. = 1,655 G.	
Bulgarije.	Het metriek stelsel van overheidswege gedecreteerd.							

*) Zie noot pag. 116.

Zie voor de andere Britsche koloniën, dominions en mandaatlanden Techn. Commun. Imp. Bur. Soil Sci. No. 14, 1930: Weights and measures occurring in agricultural publications of the Empire Overseas.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
China.	Oude maten Tsji (covid of voet) à 10 Tsun à 10 Feu = 0,3192 M 1 Yin à 10 Tsjong 210 Tsji = 31,92 M 1 Yin = 20 poe. (Metriek stelsel zal van regeeringswege worden ingevoerd.) 1 Yin volgens overeenkomst met Engeland = 3,581 M. 1 Li (Mijl) à 180 vadem à 10 veldmeters covid (voet) = 0,5755 KM . . .	0,2793 1,7376	1 Mo of Mau = 631 M² . . . . in Shanghai 674,4 M² . . . . 1 King (fu) 0,2453 HA . . . . Zijdenstoffen bij het gewicht. 1 Chin = vierk. Li	$\frac{1,5848}{1000}$ 4,0766	1 Tschi graan = 2 Kwo = 10 Tou = 100 Sching = 1,031 HL . . . . 1 Sai graan à 2 Hwo à 50 Sching = 1,2243 HL . . . . (Granen en vloeistoffen overigens meest volgens het gewicht.)	0,9708 0,8168	1 Picol à 100 katties à 16 taël (Liang) = 60,453 KG 1 Taël à 10 Mähs of Tsin à 10 candarin of Fän à 10 Käsch (Li) = 37,793 gram . . . . v. zilver = 37,573 Gram	$\frac{1,6542}{100}$ $\frac{2,645\ 99}{100}$ $\frac{2,661\ 48}{100}$
Nieuwe maten in 1908 ingevoerd,								
	Eenheid 1 Tsji = 10 Tsjen à 10 Tun (Ten)à 10 Li (lij) à 10 Hao = 0,32 M 1 Li (ch. Mijl) = 180 Tsjau = 360 poe's = 1800 Tsji = 576 M		Eenheid Mo à 10 Tun à 10 Li à 10 Hao ± 6,144 are 1 Mo = 60 tsjan² 1 vierk. Poe = $\frac{1}{240}$ Mo = 25 tsji² . . . 1 King = 100 Mo ±614,4 are = 6,144 HA . . . . 1 chin = 1 vierk. Li = 33,1776 HA ± ⅓ KM²		Eenheid 1 To à 10 Tjeng à 10 Ko à 10 Tsi = 10,355 L . . 1 Tsji = 2 Ho = 10 To = 103,55 L . . Graafwerk in „fang" van 100 cub. ft = 2,83 M³		Eenheid 1 Liang = 10 Tsien à 10 Tun à 10 Li à 10 Hao = 37,301 gram . . 1 King = 16 Lian = 596,816 gram .	

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Denemarken.	Metriek stelsel volgens de wet van 4 Mei 1907 verplichtend, behalve voor kadastrale metingen.							
	1 roede à 5 alen à 2 voet=3,138 535 M 1 Mijl à 2 000 Pruissische roeden = 7,532 484 KM . . .	0,3186	1 vierkante roede à 100 vierk. voet = 9,85 M . . . . 1 tönde land à 560 kwadraat roeden = 0,551 63 HA	0,101 52	1 kubieke alen = 0,247 326 6 M^3 . . . 1 Pot =0,966 12 L 1 Korntonne à 8 scheffel = 1,391 20 HL	4,043	Vroeger: 1 Centner à 100 Pfund à 2 Mark à 16 Unzer à 32 Lot = 50 KG . . . . . . 1 Komm. Last à 5200 pond = 2600 KG	$\frac{0,038\,46}{100}$
Duitschland. (Pruisen)	Metriek stelsel. 1 vadem = 6 voet 1 roede = 12 voet. 1 voet = 12 duim = 144 lijn = 0,313 854 M . . . . . 1 Pruis. mijl=2000 roede=7532,485 M 1 Duitsche of geographische mijl = $^1/_{15}$ graad = 4 zeemijlen=7420,44 M	3,1224	Metriek stelsel. 1 vierkanteroede= 144 vierk. voet = 14,1846 M^2 . . . . . 1 Morgen = 180 vierkante roeden= 0,255 22 HA	0,0705 3,918	Metriek stelsel. 1 kubieke voet = 30,916 dM^3 . . . . . 1 kub. Klafter = 108 kub. voet = 3,338 9 M^3 . . . . . Wijnmaat: 1 Eimer = $^1/_2$ ohm = $^1/_2$ oxhoofd = 2 anker = 60 quart =68,7 dM^3 Kolen en kalk: 1 ton = 4 scheffel = 219,85 dM^3 Bierton = ½ Fasz= 100 quart =114,5 L	0,0323 0,2995	Metriek stelsel. 1 Centner = 100 Pfund = 50 KG 1 Pfund = 30 Lot.	0,02

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Egypte.	Metriek stelsel bij de administraties in gebruik.							
	Vroeger:		Vroeger		Vroeger:		Vroeger:	
	1 Pik Beledi = 0,5826 M^1	0,7164	1 gewone Feddan =333 1/3 vierk. kleine kasab = 42,008 33 are	0,023 804	1 Ardeb à 6 Quebêhs à 4 Raubehs à 12 Keles =1,9775 HL	0,5057	1 Canta forforo à 36 Oka of à 100 Rotali à 144 Drachmen= 44,4931 KG	$\frac{2,247\,54}{100}$
	1 Pik Endasch = 0,6384 M^1	1,5664	1 Feddan = 400 vierk. groote kasab = 59,29 are					
	1 Pik Stambuli = 0,677 M^1	1,4771	1 Kirat kamel = 1/24 feddan = 6 daneks =175,0347 M^2	0,005 713				
	1 Pik Meimari = 0,750 M^1	1,3333						
	1 Pik Nili =0,5245 M^1	1,9066						
	1 Pik Mehendasch =24kirat =0,5407 M	1,8494						
Frankrijk.	Metriek stelsel.		Metriek stelsel.		Metriek stelsel.		Metriek stelsel.	
	Vroeger:				1 Stère = 1000 L	0,001	1 Quintal=100 KG	
	1 Parijsche voet = 0,324 839 M	3,0784			1 Boisseau = 10 L		Vroeger: (1812-40)	
	1 Parijsche lijn = 2,255 829 mM ..	0,443 296					1 Livre = 16 onces = 128 gros = 0,50 KG	
Griekenland	Metriek stelsel.						1 Oka = 1,28 KG	
Groot-Brittannië en Ierland.	Het gebruik van het Metriek stelsel is toegestaan. Zie voor Engelsche maten en gewichten bldz. 114.							

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
			Metriek stelsel (officieel de voorkeur) en Engelsche maten en gewichten.					
Japan. (Korea)	1 Skaku kane à 10 sun à 10 bu = 0,301 75 M . . . . . 1 Ri à 36 Tshô à 60 Ken à 6 Shaku = 3,927 KM	3,314 0,254 6	1 vierkante Tshô (of Koh) à 10 Tan à 10 Se à 30 Tsubo = 0,991 74 HA . . 1 vierk. Tshô = 107 883 vierk. . . . Shaku.	1,008 33	1 Sho à 10 Go à 100 Sai à 10 Satsu = 1,803 907 L . . . . . 1 Koku (graan- en oliemaat) à 10 To à 10 Sho = 1,803 907 HL	0,554 4 0,554 4	1 Kin à 160 Momme à 10 Fun à 10 Rin = 0,601 KG . . . . 1 Kwan à 1 000 Momme = 3,756 5 KG . . . . 1 Jap. pikol = 60,5 KG	1,664 0,266 19
Marokko.	in den groothandel KG,M en yard. Arabisch = 1 Codo (dreah) = 0,57 M 1 „Draah"=51 cM 1 Pik (Moorsche) = 0,66 M				Vloeistoffen bij gewicht. Kula of Qolla olie = 15 L, (26,57)L voor droge artikelen als gerst 1 Moudd ± 150 L = 40 KG Granen: 1 Fanega (Castilliaansche) = 54,8 L		1 Artol (rottee) = ± 500 gram. 1 Kintar (quintal) Attali = 50 KG 1 Retal Attali = ½ KG 1 Quintar English 50,802 KG. 1 Retal English = 0,453 KG. 1 Quintal Bakali of Quintal Kebis = 80 à 82 KG. 1 Retal Bakali of Retal Kebis = 0,80 à 0,82 KG.	
					Metriek stelsel.			
Mexico.	1 pulgada (houtmaat) = 2½ cM.							

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Noorwegen.	Metriek stelsel. 1 Mijl à 6000 Faden à 6 Fod (voet) = 11,295 KM		Metriek stelsel. 1 Tönde land = 400 vierk. roede (vaand) = 3937,9 M^2		Metriek stelsel. 1 Pott = 4 pegels = $^1/_{32}$ kub. voet = 0,9661 L		Metriek stelsel. 1 Centner = 100 Pund = 49,811 KG	$\frac{2,007\ 59}{100}$
Oostenrijk Hongarije.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Weener voet = 0,316 081 M . . . . . 2 Weener el = 0,777 558 M . . . . . 1 WeenerKlafter= 1,896 484 M . . . . . 1 Postmijl = 7,585 936 KM	3,1637 1,2861 0,5273 0,1318	Metriek stelsel. Vroeger: 1 kwadr. voet = 0,099 907 M^2 . . . . 1 kwad. klafter = 3,596 652 M^2 . . . . 1 Oostenrijksche Joch = 1600 kw. klafter = 0,575 446 HA . . . . 1 kwadr. mijl = 57,546 42 KM^2 . . .	10,0079 0,2780 1,737 73 0,017 38	Metriek stelsel. Vroeger: 1 kub. voet = 0,031 578 67 M^3 . . 1 kub. klafter = 6,820 099 2 M^3 . . . 1 Schlachtrute = 3,157 867 M^3 . . . . 1 Weener Metze = 0,614 868 3 HL . . 1 Eimer = 40 Masz = 0,565 890 HL . 1Masz=1,414 724L	31,667 0,1466 0,3167 1,6264 1,7671 0,7069	Metriek stelsel. Vroeger: 16 Unzen à 2 Lot = 1 Weener pond = 0,560 06 KG . . . 1 Weener Lot = 17,501 87 gram . . 1 Weener Zentner = 56,006 KG . . . 1 Apothekers pond = 0,420 KG . . . . 1 Stein=11,212 KG	1,785 52 0,057 14 0,017 68 2,381 0,8912
Paraguay.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Vara = 3 pies 0,866 M . . . . 1 Legua=5000 vara = 4,33 KM . . .	0,1549 0,2312	Metriek stelsel. Vroeger: 1 kwadraat Legua = 17,43 KM^2 . . .	0,057 37	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Fanega = 12 almudes = 2,88 HL 1 Pipa=4,560 26HL	0,3472 0,1925	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Quintal à 4 Arrobas à 25 Libra = 46,008 KG . . .	0,021 74
Malakka (Straits).	1 Depu (1 vadem of 6 voet) = 2 Ela à 2 Hasta à 2Jenkal = 1,83 M		Landmaten. 1 Sq. orlong (ongeveer $1^1/_3$acre) = 24 Lelong à 2400 sq.		1 Gallon of Gontang = 4 Quarts (chupaks) à 2 Pints à 2 Paus à 2 Gills		1 Koyan = 40 Pikuls à 16 Tahil = 5333 $^1/_3$ lbs. 1 Pikul = 100 kati à 16 Tahil = $133^1/_3$ lbs	

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Malakka (Straits). (vervolg).	1 Kodi (score =) 2 Kâya. Landmaten: 1 Depa = 6 feet = 6 kâki à 12 Inchi (inches).		feet. 1 Relong (orlong) = 4 Qenjuru à 100 Jemba à 4 sq. Depa.				Opium: 1 Tahil is 10 chee à 10 Hoov à 10 Tee Goud: 1 Kati = 9,984 grams = 12 Bongkal à 16 Mayaur à 12 Saga.	
Perzië	1 gewone Gueze = 0,630 M. 1 Gueze = 0,948 M 1 Parasango (reisafstand = 5760 M.				Vloeistoffen gaan bij gewicht. Voor granen heeft men 1 Araba = 66 L 1 Chenica = 1,32 L		1 Batman (Tauris) = 2,79 KG 1 Koninklijke Batman = 5,580 KG. 1 Miskal (goud en zilver) = 4,64 gram. 1 Abas (paarlen) = 0,186 G.	
Philippijnen (Manilla)	1 Vara = 835 mM				1 Caban rijst = 125 V sp. = $57^1/_2$ KG.		1 Pikol = $137^1/_2$ V sp. = $63^1/_4$ KG. 1 Quintal = 100 KG 1 V sp. = 460 gram.	
Rusland.	Metriek stelsel. Eng. voetmaat. 1 Saschehn vadem (à 7 voet) = 3 Arschin à 16 Werschock = 2,133 57M	0,4687	Metriek stelsel. Eng. voetmaat. Desjatine = 2400 vierk. Saschehn = 1,0923 HA ..... 1 vierk. Saschehn = 4,5521 M^2	0,9153 0,219 68	Metriek stelsel. Eng. voetmaat. 1 kub. Saschehn = 9,7123 M^3 ...... 1 Botscka à 40 Wedro à 100 Tscharka = 4,9195 HL	0,1030 0,2033	1 Pond (funt) à 32 Lot à 3 Solotnik = 0,409 512 KG 1 Lot = 12,7969 gram	2,4419 0,078 15

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Rusland. (vervolg).	1 Russ. voet = 1 Eng. voet 1 Werst=1,066 781 KM . . . . . . 1 Mijl à 7 Werst = 7,4675 KM . .	 0,9374 0,1339	1 vierk. werst = 1,138 02 KM² . . .	0,878 72	1 Krutschka = 8 chtof (Stoof) = 1,229 89 L. . . . 1 Wedro à 10 Krutschka à 10 Tscharka= 12,2989 L . . . . 1 Tsetwert à 8 Tsjetwerik à 8 Garwitczi = 2,099 HL	0,8131 0,4764	1 Last (scheeps-) à 12 Berkowitz à 10 Pud = 1965,66 KG en ook: 1 Last = 2025,44 KG	$\frac{0,050\ 87}{100}$ $\frac{0,049\ 37}{100}$
Servië.	Metriek stelsel.							
Siam.	In 1889 werd het metriek stelsel ingevoerd bij openbare werken en de spoorwegen en zal binnenkort verplichtend worden gesteld.							
	1 Yote=15,200 KM 1 Yod of Tod=152 M . . . . 1 Wa = 1,90 M . 1 Keu = 0,95 1 Soeh = 0,475 M . 1 Niou = 0,019 M .		1 rai = 1600 M²		Vloeistoffen en granen bij gewicht.		1 Picul = ± 60 KG 1 Catti = 612 G 1 Taël = 37,8 G 1 Tikal (goud en zilver)= 15 G 1 Picol rijst = 60,5 KG	
Spanje.	Metriek stelsel.							
Transvaal.	als Engeland.							

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Turkije.	Het metriek stelsel van overheidswege gedecreteerd.							
	1 Archine = 0,75 M = 24 Pouce à 3,16 cM 1 Archine endazé of Pik = 0,68 M (stoffen en weefsels) 1 Roup = 8 Arch. end. = 8,50 M 1 Berri = 1,476 M		1 Denum = $^1/_{11}$ HA 1 vierk. Pikar chine = 75,77 dM²		Vloeistoffen bij gewicht. Voor granen: 1 Kiloz = 35,27 L 1 Hawai = 11 L			
Uruguay.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Vara = 0,859 M 1 Legua = 5,154 KM	1,1641 0,1940	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Kwadraat Legua = 26,6 KM² . .	0,0376	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Pipa = 4,554 24 HL . . . . . . 1 Galon = 3,805 L	0,2196 2,6281	Metriek stelsel. 1 Quintal = 45,94 KG . . . . . . 1 Tonnelade = 918,8 KG	2,1724/100 0,108 62/100
Vereenigde Staten van Noord-Amerika. (Het metrieke stelsel en gewicht worden toegelaten).	Engelsch, doch met de volgende afwijking: 1 (Statute) Mijl = 1,609 33 KM . . 1 Naut. Mijl = 1,854 95 KM	0,6214 0,5391	Engelsch, doch met de volgende afwijking: 1 kwadraatmijl (section) = 2,589 9 KM² . . . . . 1 Township à 36 sections = 93,236 KM².	0,3861 0,010 73	Engelsch, doch met de volgende afwijking: 1 (wijn-) gallon à 4 quarts à 2 pints à 4 fluid ounces = 3,7852 L . . . . . 1 gewone gallon = 231 kub. inches = 3,7852 L	0,2642 0,2642	Engelsch: 1 Hundredweight dikwijls (b.v. in New-York) à 4 quarters à 25 pond = 45,359 KG . . . 1 ton (korte ton) à 2000 pond = 907,185 3 KG . . 1 lange ton à 2240	2,204 63/100 1,102 31/1000

*) Zie noot pag. 116.

Namen der landen	Lengtematen	$\frac{1}{n}$ *)	Vlaktematen	$\frac{1}{n}$ *)	Inhoudsmaten	$\frac{1}{n}$ *)	Gewichten	$\frac{1}{n}$ *)
Vereenigde Staten van Noord-Amerika (vervolg).					1 Bushel (Winchester = 2150,42 kub. inches = 35,2381 L 1 Barrel petroleum à 40 gallons = 1,514 HL . . . . 1 Barrel bier à 31 gallons = 1,173 HL	 0,6605 0,8525	pond = 1016,0475 KG	0,984 206/1000
Z.-Amerik. voor Bolivia, Chili, Columbia, Costarica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Peru, S. Salvador en Venezuela.	Metriek stelsel volgens conventie tusschen de staten van 3 Jan. 1910. Oud Spaansch: 1 Vara = 3 Pies = 4 Palmos = 0,8359 M . . . . 1 Legua = 5,565 KM	 1,1963 0,1797	Oud Spaansch: 1 Fanegada = 35,02 M² . . . . 1 Manzana = 0,6987 HA . . . 1 Caballeria (Chili) = 1340,3 M² . . (Columbia) = 3864,6 M² (Ecuador) = 4520 M²	 1,4456	Oud Spaansch: 1 Cahiz à 12 Fanegas à 12 Celemines = 6,66 HL . . . 1 Cantara à 8 acumbres à 4 Cuartilles = 16,328 L . . 1 Moyo = 2,5826 HL . . . . . . 1 Pipa=4,3570 HL 1 Bota=4,8411 HL	 0,1502 0,0612 0,3872 0,2295 0,2066	Oud Spaansch: 1 Quintal à 4 Arrobas à 25 Libras à 2 Marco à 8 Oncas = 46 KG . . . 1 Tonnelada = 20 Quintal = 920 KG	 2,173 9/100 0,10862/100
Zweden.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Famn à 3 Alen à 2 voet (fot) à 10 duim = 1,781 4 M 1 Mijl = 10,688 6 KM	 0,5614 0,0936	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Tunnland à 2 Spanland à 16 Kapland à $3^{1}/_{2}$ Kapoland = 56 000 kwadr. voet = 0,493 641 HA . .	 2,025 76	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Ahm à 6 kub. voet à 10 kannen = 1,570 313 HL 1 Tunna (graan) = 1,6489 HL . . .	 0,6368 0,6065	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Zentner à 100 Skalpund à 100 Ort = 42,5011 KG . 1 Scheepslast = 5760 pond = 2450 KG	 2,352 88/100
Zwitserland.	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Rute (= $1^{2}/_{3}$ Klafter) à 10 voet à 10 duim = 3,000 M .	 0,3333	Metriek stelsel. 1 kwadr. klafter = 3,24 M² . . . . 1 Juchart (Arpent) = 0,36 HA . . .	 0,309 2,777	Metriek stelsel. Vroeger: 1 Saum à 4 Eimer à 25 Masz=1,5 HL	 0,6667	Metriek stelsel. 1 Zentner = 100 pond = 50 KG .	0,02

*) Zie noot pag. 116.

Verschillende maten en aanduidingen voor hoeveelheden, afmetingen, enz.

1 Parijsche lijn = 2,255 829 mM.
1 Toise = 1,949 036 M.
1 Hand (Austral. paardenmaat) = 4 inches = 0,1016 M.
1 Streep = in den volksmond 1 millimeter.
1 Duim = in den volksmond 1 centimeter.
1 Hand of handsloop = in den volksmond 36 tot 40 M.
1 Roede (Rijnlandsche maat) = 12 voet = 3,767 358 M.
Roeden van 12 voet in verschillende streken gemiddeld 3,80 M.
1 Veenroede in verschillende streken van 3,85 tot 4,71 M.
1 Morgen (Rijnlandsche maat) = 600 vierk. roede = 0,851 58 HA.
Morgen, in verschillende streken ter grootte van 300—800 vierk. roede, gemiddeld van 0,81 tot 0,99 HA.
Deimat, Deimt (Gr.) = Dagmat, zooveel als men in één dag kan maaien.
1 Gemet in verschillende streken van Zeeland, Z.-Holland en N.-Brabant = 300 vierk. roede = 0,39 tot 0,45 HA.
1 Hont in verschillende streken van N.-Brabant en Z.-Holland = 100 vierk. roede = 0,14 tot 0,15 HA of $^1/_6$ morgen of $^1/_7$ bunder.
1 Pondemaat (Friesland) = 0,3674 HA.
1 Gras (Groningen) = 0,4017 HA.
1 Last (inhoudsmaat bij scheepsbevrachting) algemeen = 30 HL.
1 „ (gewicht) tarwe = 2400 KG.
1 „ „ rogge = 2100 „
1 „ „ lijnzaad = 2040 KG.
1 „ coprah = 1200 KG.
1 „ koffie = 1800 KG.
1 „ (Amsterdamsche scheepslast) = 125 kub. voet = 2837,145 dM³.
1 Vat (Amsterd. wijnmaat) = 4 okshoofd = 24 anker = 931,34 Liter.
1 „ ruwe olie = 159 L.
1 Anker (Amsterd. wijnmaat) = 44 gewone flesschen = ± 38,8 Liter.
1 Legger (arak) = 563 Liter.
1 Vat (barrel) ruwe petroleum = 159 Liter.
1 Pud (Russische petroleum) = 16,38 KG.
1 Ton (Engelsche ton, long ton) = 1016,05 KG.
1 „ (Amerikaansche short ton) = 907,18 KG, short ton = 0,8928 long ton.
1 „ (gewoon) = 1000 KG.
1 „ (of shipping) = 40 Eng. kub. voet (goederen) = 1,133 M³ (voor timmerhout) = 42 kub. Eng. voet = 1,189 M³.
1 „ turf = 227 Liter.
1 „ haring = 150 KG.
1 Standard = 165 kub. voet = 4,672 M³.
1 Load (timmerhout) = 50 kub. voet bekapt.
1 „ „ = 40 „ „ onbekapt.
1 Riemduim = inhoud van 1 voet lengte bij 1 duim breedte en dikte = 11 kub. duim = 0,215 dM³ Rijnlandsch = 0,188 dM³ Amsterdamsch.
1 Centner (Duitsch handelsgewicht) = 50 KG.
1 Baal papier = 10 riem of 5000 vellen.
1 „ cacao (Java) = ± 50 KG.
1 „ „ (Suriname) = 80 à 100 KG.
1 „ kapok = ± 40 KG.
1 „ tabak (Java) = ± 180 halve KG.
1 „ „ (Sumatra) en Borneo = 152 halve KG.
1 „ katoen (Amerika) = 500 Eng. ponden = 225 KG.
1 Tierce (Eng.) = 42 gallons = 190,825 Liter.
1 Stone (Eng.) (steenkolen) = 6,3503 KG.
1 „ voor gewicht van vleesch, ook bij gewicht van jockey's 7,535 KG.
1 „ visch = 8 lbs.
1 Quintal (rozijnen) = 56 ton.
1 Dennum (beplanting van tabak) = $^1/_{10}$ HA.
1 Kist petroleum (Indië) bevat 2 blikken, te zamen inhoudend 10 Am. gallon = 37,8 L.
1 Statute chaldron = 36 bushels (cokes) = 13,086 HL.

1 K e e l (Newcastle) kolen = 16 chaldrons = 21,2 Eng. ton.
1 S h i p l o a d (kolen) = 20 keels.
1 R o o m (kolen) = 7 Eng. ton.
1 S a c k (kolen) = 1 cwt (Eng.) = 12 lbs.
1 C r a n (haring) Eng. = $26^2/_3$ imp. gallons.
1 M a a l „ Zweedsch = 150 L.
1 O r l o n g (Straits Settlements) = $1^1/_3$ acre = 0,535 HA.
1 U n i t (kinine) wordt berekend als volgt: Is f 25 de waarde van de kinabast, per KG kinine, dan is de waarde van de Unit

$$\frac{25-4,50}{200} = 10\tfrac{1}{4} \text{ cent.}$$

1 C a n d y (Eng. Indië) maat voor klappers = 560 lbs.
1 N a c h t (tinerts) = 40 pikols = 80 ton.
1 W a g o n l a d i n g = veelal 10 000 KG.
1 M e t r i e k k a r a a t (MK) voor parels, diamanten en edelgesteenten = 0,2 gram volgens de wet van 7 April 1911 (vroeger was het karaat 0,205 gram).

Watermaten.

miner's inch (Amerika, Californië) = hoeveelheid water, die per seconde stroomt door een opening in een wand van 1 Eng dm. in het vierkant onder bepaalden waterdruk (6 inch). Zij verschilt voor verschillende Staten van 0,02 tot 0,03 kub. voet per seconde (second-foot) en bedraagt gemiddeld $^1/_{40}$ sec. ft. In Californië bij de wet op $^1/_{50}$ sec. ft. bepaald.

acre foot = hoeveelheid water, benoodigd om een acre één voet met water te bedekken = 43 560 kub. voeten. In de praktijk neemt men aan, dat 1 sec. foot = 86 400 kub. voeten per etmaal, equivalent is met 2 acre-foot.

duty = (Br. Indië) oppervlakte gewas, dat bij een onafgebroken watertoevoer van 1 kub. voet per seconde (sec. foot) tot rijpheid gebracht kan worden (b.v. de duty van het water per sec. ft. is 60 acres alfalfa of 100 acres boomgaard).

fila (Spanje) = hoeveelheid, die door een opening van een vierk. Valenciaansche palm gaat of 46 à 69 L per sec. afhankelijk van de snelheid van het water.

Handelsmaten van papier.

Het papier wordt in ons land verkocht in r i e m e n (riemgewichten) van 500 vellen; in Engeland van 480 vellen.
1 riem = 20 boek; 1 boek = 25 vel; 1 vel = 16 blz.
Afmetingen der vellen (schrijf- en drukpapier):

Colombier	62 × 85 cM	Klein Mediaan	40 × 55 cM
Imperiaal	56 × 75 „	Dubbel Schrijf	44 × 69 „
Royaal	50 × 65 „	Post	44 × 56 „
Groot Mediaan	47 × 62 „	Bijenkorf	38 × 48 „

In Engeland:

	schrijfpapier. inches	drukpapier. inches
Large Post	16½ × 21	
Double Large Post	21 × 33 „	
Foolscap	13¼ × 16¾ „	
Double Foolscap	16¾ × 26½ „	17 × 27 „
Sheet and $^1/_3$ Cap	13¼ × 22 „	
„ „ ½ „	13¼ × 24½ „	
Demy	15½ × 20 „	17½ × 22½ „
Double Demy	20 × 31 „	20 × 31 „
Medium	17½ × 22½ „	18 × 23 „
Double Medium	22½ × 35 „	
Royal	19 × 24 „	20 × 25 „
Double Crown		20 × 30 „
Elephant	23 × 28 „	23 × 28 „
Imperial	22 × 30 „	22 × 30 „
Colombier	23½ × 34½ „	
Atlas	26 × 34 „	
Emperor	48 × 72 „	
Cartridge		21 × 26 „

Telegraaf- en handelsaanduidingen, teekens, cijfers, enz.

Telegrafische teekens

Teekens voor de Morse-telegraaf.

in gebruik bij de schrijftelegrafen (inkt op papierband), naaldtelegrafen, hevelschrijver en undulator en de kloppers.

a	.—	k	—.—	u	..—	1	.————
b	—...	l	.—..	v	...—	2	..———
c	—.—.	m	——	w	.——	3	...——
d	—..	n	—.	x	—..—	4	....—
e	.	o	———	y	—.——	5	.....
f	..—.	p	.——.	z	——..	6	—....
g	——.	q	——.—	ch	————	7	——...
h	....	r	.—.	.	......	8	———..
i	..	s	...	?	..——..	9	————.
j	.———	t	—	!	——..——	0	—————

Een streepje = drie punten. De ruimte tusschen de teekens van een letter = een punt. De ruimte tusschen twee letters = 3 punten. De ruimte tusschen twee woorden = 5 punten.

Teekens en algemeene aanduidingen op telegrammen.

T M	wanneer het telegram ter bezorging uit eenzelfde kantoor aan meerdere adressen wordt gericht.	
C T A	idem, wanneer aan één of meer der geadresseerden alle adressen worden medegedeeld.	
D	(vóór het adres geplaatst)	dringend.
R P	(,, ,, ,, ,,)	antwoord betaald.
R P 15	(,, ,, ,, ,,)	,, ,, met vooruit bepaald aantal woorden (15).
R P D 15	(,, ,, ,, ,,)	dringend antwoord betaald (15 woorden).
T C	(boven het adres)	collationneering gewenscht.
P C	(voor ,, ,,)	kennisgeving van den ontvang van het telegram gewenscht.
F S	(,, ,, ,,)	naseining verlangd.
M P	(,, ,, ,,)	eigenhandige aflevering verlangd.
T R		telegraaf-restant.

Handelstermen, afkortingen en algemeene aanduidingen.

Actief, activa. De bezittingen van den handelaar in haar geheel
a/c, acct. Account.
A/C, account current.
A/C, account sales.
ad. lib. Ad libitum, naar verkiezing.
ad val. Ad valorum, volgens de waarde.
A. Arc (vlaktemaat).
A¹. First class.
aftn. Afternoon.
agt. Agent.
a. a. r. Against all risks.
Agio. De meerdere waarde van gouden of zilveren munt boven papieren geld met gedwongen koers.

amt. Amount.
A°., anno, in het jaar.
a. c. Anno currente of anni currentis, in of van het loopende jaar.
a. i. Ad interim, plaatsvervangend, tijdelijk.
a. p. Anno passato, in het afgeloopen jaar.
A. D. Anno Domini, het jaar onzes Heeren.
A. M. (al marco) Naar het gewicht.
a. m. Engelsch. Ante meridiem, vóór den middag.
A. P. A'damsch peil.
a.s., aanstaande.
Amortiseeren. Schuld delgen.
Annuïteit. Aflossing van kapitaal en rente in gelijke termijnen.
Annuleeren. Doorhalen, vernietigen.
Arbitrage. Onderzoek door scheidslieden.
Assignatie. Aanwijzing op een debiteur om aan een derde een som te voldoen.
av. Average.
Baisse. (baissier) Speculatie door fondsen op tijd te verkoopen in de hoop ze vóór de levering goedkooper te kunnen inkoopen.
Balans. Staat van actief en passief bij afsluiting van rekeningen.
bn. Balen (hennep, tabak, enz.)
Bk. Bank.
brl. Barrel.
Betalingsbalans. Verhouding van de vorderingen en schulden van de eene partij aan de andere.
B/E. Bill of Exchange, wissel.
B/L. Bill of lading, cognossement.
Blanco-crediet. Crediet zonder onderpand.
bldgs. (Engelsch) buildings, gebouwen.
Bro of *bto.* Bruto.
Cargo. Scheepslading, vracht; *cargadoor*, scheepsmakelaar.
Cautie. Borg.
capt. Captain.
Cedul, ceel. Bewijs van opslag van goederen.
cent. Centum, honderd.
cge. pd. Carriage paid.
Cheque. Aanwijzing op kassier, op vertoon betaalbaar.
Ca. circa, ongeveer.
c.a cum annexis, met den aankleve van dien.
C.A. centiare.
C/n. Credit-note, credit nota.
C. & f. cost & freight.
C. ex. Cum expenses, met de kosten.
Cf. of *conf.* conferatur = zie, men vergelijke
C. i. f. Cost, insurance, freight. Onkosten, assurantie en vracht inbegrepen. Onder de onkosten worden daarbij verstaan *alle* onkosten, welke op de waren vallen tot vrij aan boord uitgangshaven, zooals spoor- en watervrachten, en daarbij behoorende transportkosten met verzekering tot en in de haven van verscheping, het laden en verstuwen in het schip. Onder de assurantie wordt verstaan verzekering van het goed van de haven van uitvoer tot de overeengekomen plaats van bestemming.
Onder vracht, de vracht van de haven van afzending tot laatstgenoemde plaats. De onder c. i. f. genoemde kosten zijn begrepen in den verkoopsprijs en zijn dus ten laste van den verkooper.
Cognossement. Zeevrachtbrief.
Collationneeren. Vergelijken van posten, schriftures, enz.
Collo, stukgoed, pak, kist, baal, enz. Meerv.: colli.
Committent. Lastgevers van den comm ssionnair.
Compareeren. In rechten opkomen of verschijnen.
C. O. Open rekening.
Consignatie. Toezending van goederen voor rekening van den afzender, met voorschrift aan den ontvanger daarmede (ten verkoop) te handelen.
Conto. Rekening, A conto, op rekening.
Courtage. Makelaarsloon, afgekort: ctg.

c/o. Care of, (Engelsch), per adres.
C. o. D. Cash on delivery, onder rembours.
c.s., cum suis, of: cum sociis, met de zijnen, of: met zijn deel- of lotgenooten.
Cor. (Engelsch) corner, hoek.
ct. of *crt.*, courant, v. d. loopende maand.
cwt. hundredweight (= 112 lbs.).
d. denarius,penny, stuiver.
d. b. Deal boards, dennen planken.
d. d. de dato, van den dag der onderteekening.
D/D of *d/d.* Days after date.
D/n. Debit note, debet nota.
disc. discount, disconto.
do. dito.
doz. Dozen (Engelsch) dozijn.
Dr. debtor, debet.
D/S. Days after sight.
d. t. v. daags te voren.
d. w. deadweight, draagvermogen.
dwt. pennyweight.
E. C. Eastern Central (postdistrict in de City van Londen).
E. & O. E. Errors and ommissions excepted. Behoudens abuizen en weglatingen.
e. g. Exempli gratia, bij voorbeeld.
Ex voor een scheepsnaam, enz. beteekent: uit dat schip gelost.
ex. off. ex officio, ambtshalve.
e. k. eerstkomende.
e. v. en vervolgens.
E/V. en ville, in de stad van inwoning.
Factuur. Rekening.
F. op horloges, enz. = faster = sneller.
f. a. a. Free of all average.
f. a. Free alongside.
f a. b. Franco à bord.
f. a. h. frei ab hier. Vrij in den wagon.
f. c. s. free of capture and seizure, vrij van molest.
f. d. Free delivery.
f. o. b. Free on board.
f. o. r. Free on rail.
f. p. a. Free from particular average.
fo. of *fol.* Folio.
Fol. Recto of Verso. Op den rechter, voorste of op de linker, omgekeerde bladzijde
G. a. General average.
G. F. Government form.
G. m. b. H. Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Haftpflicht). Met beperkte aansprakelijkheid.
G. V. Grande Vitesse.
Hausse (*haussier*). Speculatie door fondsen op tijd te koopen in de hoop ze op den leveringsdag duurder te verkoopen.
H.A. Hectare.
H. h. d. Hogshead, okshoofd.
H. P. horse-power, paardekracht.
H/R. Hunne rekening.
Ib of *ibid.*, ibidum, op dezelfde plaats.
i. e. Id est. Dat is, als volgt.
I. O. U. I owe you. Schuldbekentenis.
i. p. v. in plaats van.
i. q. idem quod, hetzelfde als.
In dorso. Op de achterzijde of rug.
inst. Instant (de loopende maand).
Insolvent. Onmachtig te betalen.
J.l. Jongstleden.
k.z. Kortzicht.
lb. libra, pond. Meerv.: lbs.
L/C. Letter of credit.

Leges. Extra-onkosten ten bate van ambtenaren.
Limited, Ltd. Beperkte aansprakelijkheid. Naamlooze Vennootschap.
l.c. Loco citato, ter aangehaalde plaats.
L.S. Lectori salutem, den lezer heil.
£. s. d. Afkortingen voor pound, shilling en pence: L(ibra), s(olidi), d(enarii).
l.l. Laatstleden.
l.z. Langzicht.
M/D of *m/d.* Months after date.
M. O. Money-order, postwissel.
M. P. Member of Parliament.
M.S. Manuscriptum, handschrift.
M/S. Month after sight.
Nominaal. Waarde zooals op de stukken vermeld.
N. B. New Brunswick.
N. F. Newfoundland.
N. S. Nova Scotia.
Nto. Netto.
N. W. S. Nederl. Werkelijke Schuld.
Obligatie. Aandeel in een geldleening tegen bepaalde rente
Octrooi. Uitsluitend handelsrecht.
O. i. Onzes inziens.
o/s. Out of stock, niet voorhanden.
Oz. ounce.
Pandbrief. Obligatie, uitgegeven door een hypotheekbank.
Pari. Van gelijke waarde of gehalte.
Passief, passiva. Staat van koopmans schulden in haar geheel.
p. a per annum, jaarlijks; particular average.
p. m. (Engelsch) Post meridiem, na den middag.
p. c. Per couvert; post card; % (procent).
p. m. per mille.
p. o. Per order; post-office.
P. O. O. Post Office Order, postbewijs, postwissel.
p. p. Picked ports.
Polis. Geschreven bewijs van gesloten assurantie.
p.p. Vrachtvrij (op adressen), of (in het Duitsch) adres weggelaten.
P. P. of *per pro.* Per procuratie.
p°. of *pto.* Passato, jongstleden.
Preferent, zijn aandeelen of schulden, die ten volle uitbetaald worden.
Premie. Verzekeringsprijs.
Premieleening. Geldleening, waar bij de aflossing telkens eenige obligatiën met een premie uitloten.
Principaal. Lastgever.
Procuratiehouder. Gevolmachtigde.
Pro deo. Kosteloos.
pro mem. Pro memorie, om in gedachte te houden.
Provisie. Loon van een commissionnair.
prox., proximo, v. d. volgende maand.
P. S. Postscriptum, naschrift.
P. t. o. Plaese turn over.
Q. L. Quantum libet, zooveel men belieft.
Q. q. Qualitate qua, in hoedanigheid van.
qrs. Quarters, 1 quarter = 28 lbs.
Q. v. Quod vide, zie aldaar.
Rabat. Korting.
Rafactie, Korting van betaling voor beschadigde goederen.
re. (Lat.) = inzake, betreffende.
recd. Received.
recpt. Receipt.
Recepis. Ontvangbewijs van effecten of bewijs, dat men op een leening heeft ingeschreven en waarop de obligatie kan worden ontvangen.
Reclame. Klacht, aanvraag tot vergoeding.
Refereeren. Verwijzen.
Referentiën. Personen of firma's, welke aangewezen worden inlichtingen te verschaffen.

reg. registered.
Rembours. Betaling tegen overgaaf van het verlangde.
Remise. Geldzending in contanten of wissels.
resp., respectievelijk, onderscheidenlijk.
R. M. Royal Mail.
R. P. Antwoord betaald.
Rtd. Returned.
R.R. Railroad.
Respijt. Uitstel.
S., op horloges, enz. = slow = langzaam.
Saldo. Rekening-overschot.
S. E. Behoudens een mogelijke fout.
S. E. C. Salvo errato calculi, behoudens een fout in het rekenen.
S. E. et O. Salvo errore et omissione, behoudens een fout en uitlating.
sh. Shilling.
Semester. Halfjaar.
So. (Engelsch) south.
Solvabiliteit. Betalingsvermogen.
Sommeeren. Eischen, opvorderen (bij gerecht).
S.S. Steamer, stoomschip.
s.s.t.t. (Salvum titulorum). Behoudens de titels. Onder een adres, in plaats van opgave van titels.
St. (Engelsch) street.
Stipuleeren. Vaststellen, bedingen.
Stock. Vaste voorraad.
sks. Sacks.
S. W. (Engelsch) South-Western (postdistrict).
$. dollar.
Tantième. Aandeel in de winst.
t. a. p. Ter aangehaalde plaatse.
t. a t., tout à toi, geheel de jouwe.
t. a v., tout à vous, geheel de Uwe.
Trimester. Drie maanden.
t.s.v.p. tournez s.v.p. Keer om s.v.p.
t.t. totus tuus. Geheel de uwe.
T. T. Telegrafic Transfer.
Ult., ultimo, op den laatsten (der maand), van de vorige maand (Eng.).
U.S.A. United States of America.
U/W., underwriter, (zee)assuradeur.
u.s. ut supra, als boven.
Usance. Gebruik, gewoonte.
Valideeren. Voor betaling gelden.
Vaste stemming. Neiging der prijzen (koersen) tot rijzing.
Veem. Vereeniging, welke voor den handel de lading der schepen weegt, opslaat en aflevert, enz.
v.g. verbi gratia, als voorbeeld.
v. v. b., vrij van beschadiging.
Verificatie. Onderzoek naar de juistheid.
Vice versa, heen en terug.
Vid. *Videlicet*, namelijk te weten. Vide of videatur, zie of men zie.
Vista. Zicht. à prima vista, op het eerste gezicht.
Viz (*!*) (Engelsch) videlicet, te weten, namelijk.
W. C. (Engelsch) Western Central (postdistrict in de City van Londen).
wt. weight.
Yd., yard, 0.914 M.
z. i. Zijns inziens.
Z. o. z. Zie ommezijde.

Typografische aanduidingen, afkortingen, enz.

Drukletters.

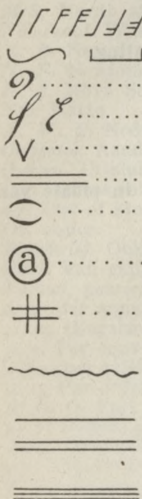
De letters worden verdeeld in twee hoofdsoorten, nl. in *boekletter* en in *smoutletter*. Onder de eerste soort rekent men de algemeene boekletter, onder de tweede

alle andere letters, welke worden gebruikt voor opschriften, advertenties, rekeningen, enz. De letters worden verder verdeeld in *staande* letter (Romein) en in *cursieve* letter. De verschillende lettersoorten worden onderscheiden naar *corpus* en *type*; corpus duidt de grootte en type de soort aan.

De standaard lengtemaat in de typografie is de *Augustijn*, veelal volgens den Duitschen naam *Cicero* genoemd. De cicero is verdeeld in twaalf punten; één punt is gelijk aan 1/2660 deel van een Meter.

De breedte der regels wordt in Cicero's uitgedrukt; de grootte en dikte der letters in onderdeelen daarvan of punten.

Correctie-teekens.



- verwijzingteekens.
- voor woorden of letters in verkeerde volgorde geplaatst.
- voor het omkeeren van een letter.
- voor het weglaten van een letter of deel.
- verwijzing naar een inlassching.
- voor het recht maken van een letterlijn.
- voor het aan elkaar voegen van letters of woorden.
- verwijzing naar een gekneusde of verminkte letter.
- voor het scheiden van twee aan elkaar gevoegde woorden en als aanduiding voor *wit* (niet te bedrukken gedeelte).
- in het manuscript onder het woord geplaatst beteekent spatieeren.
- idem beteekent cursief drukken.
- idem, beteekent onder namen in klein kapitaal zetten en onder woorden in vette letter zetten.
- idem beteekent in groot kapitaal zetten.

.... om te herstellen wat doorgestreept was.

noodig. [Daar men......... voor het brengen op andere of nieuwe alinea.

Afkortingen van wetten, besluiten, enz.

B. W.	Burgerlijk Wetboek.	K. D.	Keizerlijk Decreet.
W. v. S.	Wetboek van Strafrecht.	M. v. T.	Memorie van Toelichting.
C. N.	Code Napoléon.	M. v. A.	,, ,, Antwoord.
S. of St.bl.	Staatsblad.	B. en W.	Burgemeester en Wethouders.
S. B.	Souverein Besluit.	A. V.	Algemeene Voorschriften.
K. B.	Koninklijk Besluit.		

Munten, maten, gewichten, cijfers, enz.

I	Romeinsch cijfer voor 1.	**C**	Romeinsch cijfer voor 100.
V	,, ,, ,, 5.	**D**	,, ,, ,, 500.
X	,, ,, ,, 10.	**M**	,, ,, ,, 1000.
L	,, ,, ,, 50.		

Voorbeeld: 23 = XXIII, 1919 = MCMXIX, 49 = I L.

A. d. p. Avoir du poids.
℔ Pound of pond.
3/6 (Engelsche noteering) three and six (3 shillings six pence); 3/- 3 shillings; . . . . /6 6 pence; lbs. Engelsche ponden, (gewicht.); @ ad.; # aantal. (Eng. number).

Bij afgekorte munt-, maat- en gewichtsteekens worden geen sluitpunten toegevoegd wel bij afkortingen en de teekens aan het eind van het geheele getal geplaatst, b.v.: 4,35 M (niet 4 M 35 of 4 M 35 cM). Zie verder voor de afgekorte teekens van onze munten, maten en gewichten de betreffende onderwerpen.

Voor vreemde munten, heeft men:

£ Pound Sterling. S(Sh) shilling. d pence.

$ Dollar.

M Mark (volgens Bondsbesluit 7 Nov. 1874).

Pf Pfennig (idem). frs. Francs.

Het Grieksche Alphabet.

Α α	Alpha. (a)	Ι ι	Jota. (i)	Ρ ρ	Rho. (r)
Β β	Bêta. (b)	Κ κ	Kappa. (k)	Σ σ	Sigma (s)
Γ γ	Gamma. (g)	Λ λ	Lambda. (l)	Τ τ	Tau. (t)
Δ δ	Delta. (d)	Μ μ	Mu. (m)	Υ υ	Upsilon. (u)
Ε ε	Epsilon. (e)	Ν ν	Nu. (n)	Φ φ ϕ	Phi. (ph)
Ζ ζ	Zêta. (z)	Ξ ξ	Xi. (x)	Χ χ	Chi. (ch)
Η η	Èta. (ee)	Ο ο	Omicron. (o)	Ψ ψ	Psi. (ps)
Θ ϑ	Thêta. (th)	Π π	Pi. (p)	Ω ω	Omega. (oo)

Meteorologische aanduidingen.

◍ Nieuwe Maan.	⌒ Regenboog.	T Verwijderd onweer of donder.
☺ Volle „	◍ Regen.	< Bliksem of weerlicht.
☽ Eerste kwartier.	✳ Sneeuw.	♕ Noorderlicht.
☾ Laatste „	▲ Hagel.	⸙ Storm.
⊙ Zon.	△ Losse hagel.	∞ Veenrook.
a.m. of v.m. voormiddag p.m. of n.m. namiddag.	⌓ Dauw.	✢ Sneeuwjacht.
⊕ Kring om de zon.	⊔ Rijp.	⟵ IJsnaalden.
⦶ Krans „ „ „	V Strenge of ruige vorst.	◒ Half bewolkt
⊔ Kring om de maan.	≡ Nevel of mist.	◉ Bijna geheel bewolkt.
◡ Krans „ „ „	⩤ Nabijzijnd onweer.	

Is het verschijnsel sterk ontwikkeld, dan plaatst men achter het teeken boven den regel een ²; was het zwak, dan voegt men er een ° bij.

Eenheden, arbeid en teekens.

Gewicht en massa.

Het *gewicht* is de grootte van de zwaartekracht, welke op een lichaam werkt; de *massa* is de hoeveelheid materie, die het bevat. Beide grootheden zijn op eenzelfde plaats evenredig aan elkaar, zoodat de massa ook wordt gedefiniëerd door de verhouding tusschen het gewicht en de versnelling van de zwaartekracht.

Stelsels van eenheden.

Statische stelsel.

Eenheid van *kracht* = de kracht, waarmede 1 cM^3 water door de aarde wordt aangetrokken = 1 *gram.*

Eenheid van *versnelling* = *g* cM (de versnelling van de zwaartekracht).

Eenheid van *massa,* als het lichaam *g* gram weegt, want uit

k(racht) = m(assa) × v(ersnelling)

volgt $m = 1$ als $k = g$.

Eenheid van *arbeid* = 1 *gram* × *g cM* = *g ergs.*

Dynamische stelsel.

Eenheid van *kracht* = de kracht, die aan de massa, welke 1 gram weegt, een versnelling van 1 cM geeft = 1 *dyne.*

Eenheid van *versnelling* = 1 *cM.*

Eenheid van *massa,* als het lichaam 1 *gram* weegt.

Eenheid van *arbeid* = 1 *gram* × 1 *cM* = 1 *erg.*

Daar de zwaartekracht met de breedte en hoogte van een plaats verandert, veranderen de eenheden van kracht, versnelling en massa volgens het statische stelsel dus van grootte met de ligging van de plaats. Beter is het de eenheid van het dynamische stelsel te kiezen.

In het algemeen rekent men tegenwoordig met het daartoe behoorende

C(entimeter) G(ram) S(ecunde) stelsel (absolute maatstelsel).

Eenheid van *snelheid* = de eenparige snelheid van 1 centimeter per secunde.

Eenheid van *versnelling* = de versnelling van een eenparig versnelde beweging van 1 centimeter per secunde.

Eenheid van *massa* = 1 gram of de massa, welke evenveel weegt als 1 cM^3 zuiver water van 4° Celsius. Het gewicht van een lichaam bepaalt dus tevens de massa van het lichaam.

Eenheid van *kracht* = de kracht, welke aan de massa van 1 gram een versnelling geeft van 1 centimeter in de secunde = 1 dyne.

Het gewicht van een gram is dus gelijk aan een kracht, die met de breedte en hoogte der plaats op aarde verandert (983 dynes aan de polen en 978 dynes aan den equator).

Eenheid van *tijd* = $\frac{1}{86\,400}$ deel van den middelbaren zonnedag of de *secunde.*

Eenheid van *druk* = de druk gelijk aan 1 dyne per vierk. centimeter.

1 KG / cM^2 = 981 000 dynes per cM^2.

1 atmosfeer = 1 013 663 ,, ,, ,,

Eenheid van *arbeid* = de arbeid, die verricht wordt door de verplaatsing van de kracht, gelijk aan 1 dyne over den weg van 1 cM = 1 *erg.*

1 KGM = 981 × 10^5 ergs.

Daar de eenheid van de *erg* voor het practisch gebruik te klein is, heeft men een grootere genomen en wel de Joule = 10^7 ergs.

Daar een hoeveelheid warmte gelijkwaardig is met een hoeveelheid arbeid, heeft men door de

Eenheid van *warmte* = W.E. of kcal. = 1 groote (kilogram) calorie = de hoeveel-

heid warmte, noodig om 1 KG water van 0° C, 1° C in temperatuur te doen stijgen, aequivalent met 423,5 KGM = 415 × 10^8 ergs.

1 kleine (gram) calorie = 0,001 groote (kilogram) calorie.

In den laatsten tijd heeft men voorgesteld (Commission de l'Association internationale du froid) het M(eter) K(ilogram) S(ecunde) stelsel in te voeren. Hierbij is de *eenheid van snelheid* 1 M per secunde en de *eenheid van kracht* 100 000 dynes. Als *eenheid* van arbeid krijgt men den arbeid door de verplaatsing van 100 000 dynes over een weg van 1 M of 100 cM dus gelijk aan 10 000 000 ergs = 10^7 ergs of 1 Joule. Aan de eenheid van snelheid stelt men voor den naam van *Galilée* en aan die van kracht den naam van *Newton* te geven.

Verband tusschen het statisch en dynamisch stelsel.

Daar 1 gram de kracht is, die aan de massa van 1 gram of 1 cM^3 water de versnelling van g cM geeft, is dus

$$1 \text{ gram} = g \text{ dynes} = \pm\ 981 \text{ dynes}.$$

of

$$1 \text{ dyne} = \frac{1}{g} \text{ gram} = \pm\ 1{,}02 \text{ milligram}.$$

Evenzoo zijn de overige statische eenheden g maal de dynamische eenheden,

Magnetische eenheden.

Eenheid van *magnetische* massa is die, welke op een gelijke massa, geplaatst op een afstand van 1 cM een afstooting uitoefent gelijk aan 1 dyne.

Eenheid van intensiteit = *magnetisch veld* is het veld, dat op de eenheid van magnetische massa volgens het C. G. S. stelsel een kracht uitoefent gelijk aan 1 dyne. Deze eenheid heet ook de *Gauss.*

Electrische eenheden.

De eenheden voor stroomsterkte, weerstand en electromotorische kracht zijn internationaal vastgelegd en afgeleid uit de absolute *electromagnetische* eenheden, welke zijn vastgelegd uit de wetten van de electromagnetische werkingen.

Volgens het *electromagnetische* stelsel heeft men:

Eenheid van *intensiteit* of *stroomsterkte*, welke een stroom bezit, wanneer deze een cirkelvormigen leider met den straal van 1 cM doorloopt en met zijn lengteeenheid op een magneetpool van de sterkte 1, in het middelpunt gelegen, een kracht van 1 dyne uitoefent. Van deze stroomeenheid is de *Ampère* het 1/10 gedeelte.

De absolute eenheden volgens het *electrostatische* stelsel hebben geen practisch nut meer. Volgens dit stelsel is de eenheid van *hoeveelheid electriciteit* die hoeveelheid, welke op de eenheid van afstand op een gelijke hoeveelheid een kracht van 1 dyne uitoefent (volgens de wet van Coulomb).

De meest gebruikelijke electrische eenheden zijn nu:

Eenheid van *stroomsterkte* of *Ampère* is de sterkte van den electrischen stroom, die in staat is bij doorgang in een zilvernitraatoplossing per secunde 1,118 milligram zilver neer te slaan.

Eenheid van *weerstand* of *Ohm* is de weerstand van een zuil kwikzilver van 1,063 Meter lengte en 1 mM^2 doorsnede bij 0° Celsius.

Eenheid van *spanning*, *spanningsverschil* of *electromotorische kracht* of *Volt* is de spanning, welke in een geleider van 1 Ohm weerstand een stroomsterkte van 1 Ampère veroorzaakt.

Eenheid van *hoeveelheid electriciteit* of *Coulomb* is de hoeveelheid electriciteit, die per secunde door een geleider stroomt bij een stroomsterkte van 1 Ampère, dus gelijk aan 1 Ampèresecunde.

Eenheid van *arbeid* of *Joule* is het product van de eenheid van spanning en de eenheid van electriciteitshoeveelheid of 1 Volt × 1 Coulomb.

Eenheid van *activiteit*, *effect* of *Watt* is het vermogen om per secunde de eenheid van arbeid of 1 Joule per secunde te geven en dus gelijk aan 1 Joule per sec. = 1 Volt × 1 Coulomb. of 1 Volt × 1 Ampère per secunde.

1 Kilowatt = 1000 Watt = 1000 Volt-Ampère-sec.

1 Kilowattuur = 1000 Watt-uren = 1000 Volt-Ampère-uren.

1 Kilowattuur = 60 × 1000 Watt-minuten = 60 × 60 × 1000 Watt-secunden, enz.

Eenheid van *capaciteit* of *Farad* is het bevattingsvermogen van een lichaam om door de eenheid van electriciteitshoeveelheid de eenheid van spanning toe te nemen.

In het C. G. S. stelsel uitgedrukt hebben bovenstaande eenheden de volgende waarden:

Naam	Afkorting of teeken	C. G. S. eenheden
Volt	V	10^8
Ampère	A	10^{-1}
Ohm	Ω	10^9
Joule	J	10^7
Watt	W	10^7
Coulomb	Cb	10^{-1}
Farad	F of Φ	10^{-9}
Henry (eenheid van zelfinductie)	H	10^9

Arbeid en Energie.

Energie duidt steeds op een toestand, *arbeid* op een toestandsverandering. Energie-uitdrukkingen zijn dus gelijktijdige waarden van meetbare grootten, arbeidsuitdrukkingen daarentegen waarden, welke zich over een tijdsruimte uitstrekken.

Mechanische arbeid is het product van weg en de in de wegrichting vallende componente der kracht.

Electrische (beter *electromagnetische*) *arbeid* is het product van spanning, stroom en tijd.

Het quotiënt van arbeid en den voor den arbeid gebruikten tijd heet *vermogen*.

Volgens het C. G. S. stelsel in de eenheid van mechanischen arbeid = 1 erg per secunde. In de practijk neemt men haar grooter en wel gelijk aan den arbeid van 1 Joule per sec. of Watt = 10^7 ergs per secunde, zoodat men ook wel heeft voorgesteld om het M(eter) K(ilogram) S(ecunde) stelsel in te voeren.

In de techniek neemt men tegenwoordig algemeen aan als *eenheid van vermogen* de Kilowatt (KW) of Nieuwe Paardekracht (NP) (zooals voorgesteld door den Ausschusz für Einheiten und Formelgröszen of A E F), welke 1000 maal zoo groot is als de Watt en overeenkomt met 10^{10} erg. Daarmede wordt een beter verband tusschen het electrisch en het mechanisch vermogen verkregen.

De nog gebruikelijke aanduiding in *Paardekracht* (PK) zijnde een vermogen van 75 K G M (een Engelsche PK of Horsepower = 75,9 K G M) zou hiermede kunnen vervallen.

Daar 1 K G M op de gemiddelde breedte der aarde ongeveer 981 $\times$ 10^5 ergs is, is dus

$$
\begin{aligned}
1 \text{ PK} &= 75 \times 981 \times 10^5 = 735{,}75 \times 10^7 \text{ ergs.} \\
&= 735{,}75 \text{ (rond 736) Watt} \\
&= 0{,}736 \text{ NP} \\
\text{of } 1 \text{ NP} &= 1{,}36 \text{ PK} = 102 \text{ KGM} \\
\text{en ook } 1 \text{ KGM} &= 0{,}0098 \text{ N P} = 0{,}0133 \text{ PK.}
\end{aligned}
$$

Voor den *geleverden arbeid* heeft men in de techniek de eenheden paardekrachtuur en kilowattuur ingevoerd, zijnde de arbeid, geleverd in één uur door een machine met het vermogen van 1 PK of 1 KW (NP).

1 K W U (uur) = 1 N P uur = 1000 Watt $\times$ 3600 sec. = 36 $\times$ 10^{12} ergs.

1 P K U (uur) = 736 Watt $\times$ 3600 sec. = 2648 $\times$ 10^{10} ergs.

Bij bemalingen spreekt men van W(ater) P(aarde) K(rachten), zijnde de arbeid per minuut benoodigd voor het heffen van 4500 L water 1 Meter hoog.

$$1 \text{ WPK} = 4500 \text{ KGM min.}$$

Dimensies van verschillende begrippen.

De verschillende begrippen volgens het C. G. S. stelsel kunnen uit de drie grondgrootheden L (lengte) T (tijd) en M (massa) worden afgeleid. Nevenstaande tabel geeft de machten aan, waarin deze drie grootheden in het begrip optreden.

Begrip.	L	T	M
Oppervlak.	2	0	0
Volume.	3	0	0
Hoek	0	0	0
Snelheid	1	—1	0
Hoeksnelheid.	0	—1	0
Versnelling	1	—2	0
Potentiaal	2	—2	0
Dichtheid	—3	0	1
Impulsie	1	—1	1
Kracht	1	—2	1
Moment	2	—2	1
Soortelijk gewicht	—2	—2	1
Druk	—1	—2	1
Arbeid	2	—2	1
Vermogen, effect	2	—3	1
Energie.	2	—2	1
Entropie	0	0	1
Frequentie	0	—1	0
Magnet. poolsterkte . . .	$^3/_2$	—1	½
„ veldsterkte . . .	—½	—1	½
„ krachtstroomsterkte	$^3/_2$	—1	½
Electromotorische kracht .	$^3/_2$	—2	½
Stroomsterkte	½	—1	½
Electriciteitshoeveelheid . .	½	0	½
Idem in het statisch stelsel.	$^3/_2$	—1	½
Electr. weerstand	1	—1	0
„ arbeid	2	—2	1
„ effect	2	—3	1
Capaciteit	—1	2	0

Teekens voor het uitdrukken in formules.

Waarbij, in zoover het gebruik nog niet uniform is, ook zijn opgenomen de teekens en afkortingen volgens het ontwerp van den „Ausschusz für Einheiten und Formelgröszen" (A E F) zie Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1910 en 1912 en Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1911, blz. 1502.) dat de groote technische vereenigingen in Duitschland omvat.

Wiskundige teekens.

• geplaatst boven bij het cijfer beduidt decimaalteeken, ter halver hoogte van het cijfer beteekent het maal (×).

, geplaatst beneden bij het cijfer beduidt decimaalteeken. De komma is bij logarithmen door een punt te vervangen en bij maten en gewichten niet te plaatsen en vooral niet bij verdeeling in meerdere cijfers, in welk geval alleen in groepen van 3 cijfers, van de komma uit gerekend, wordt verdeeld b.v. 0,000 056 48.

$0{,}0_5 8$ = 0,000008.

÷ tot (in plaats van —).

— 2,537 = — 10 + 7,463 = *7,463.

— 11,358 = *88,642.

$\equiv$ identisch met.

$\neq$ niet gelijk aan.

$\approx$ ongeveer gelijk, rond, ongeveer.

$<$ kleiner dan.

$>$ grooter dan.

$\ll \gg$ klein of groot ten opzichte van andere ordegrootten.

∞	oneindig.
| |	determinant.
||	bedrag van een reëele of complexe grootte.
!	faculteit; n ! = 1 × 2 × 3 × 4 × .... n.
△	eindige toename..
d	volledige differentiaal.
∂	partiëele ,,
f (x)	functie van een grootheid x.
f′(x)	eerste afgeleide functie.
f″(x)	tweede afgeleide functie.
lim.	limiet.
δ	variatie, virtueele verandering.
d	diminutiv.
Σ	som van; de grenswaarden worden onder en boven het teeken gezet. De sommatieveranderlijke wordt onder het teeken gezet.
∫	integraal; $\int_0^x$ integraal van o tot x.
//	parallel.
⋕	gelijk en parallel.
⊥	rechthoekig op.
△	driehoek.
≅	congruent (gelijk en gelijkvormig).
∽	hetzelfde, conform, evenredig, gelijkvormig.
∡	hoek.
$\overline{AB}$	rechte A B.
$\overset{\frown}{AB}$	boog A B.

Mechanische en natuurkundige teekens.

Vlak	F	Calorie	cal.
Kracht	P	Kilogramcalorie	kcal.
Moment van een kracht	M	Brekingscoëfficiënt	n
Vermogen	L	Hoofdbrandpuntsafstand	f
Normaalspanning	σ	Lichtsterkte	J
Specifieke uitrekking	ε	Electrische weerstand	R
Schuifspanning	τ	,, stroomsterkte	I
Schuifmodul	G	Arbeid (mechanische en electrische)	A
Verschuiving, glijding	γ	Gasconstante (op moleculairgewicht betrekking hebbend)	R
Specifieke samendrukking in de dwarsrichting	$\upsilon = {}^1/m$	Lengte	l
Traagheidsmoment	J	Massa	m
Centrifugaalmoment	C	Tijd	t
Wrijvingscijfer (coëfficiënt)	μ	Straal	r
Weerstandscijfer voor vloeistofstrooming	ζ	Doorsnede	d
Schommelingsgetal in de tijdseenheid	η	Golflengte	λ
Mechanisch warmte-equivalent	J	Lichaamsinhoud, volume	V
Inwendige energie	U	Hoeken, bogen	α β
Entropie	S	Phaseverschuiving, voorijling	φ
Verdampingswarmte	r	Snelheid	v
Verbrandingswaarde	H	Versnelling bij val	g
		Hoeksnelheid	ω

Toerental (in de tijdseenheid)	n
Werkingsgraad	η
Nuttig vermogen	N
Druk (drukkracht per vlakte-eenheid)	p
Elasticiteitsmodulus	E
Temperatuur, absolute	T
„ van af het vriespunt van water	t
Warmtehoeveelheid	Q
Specifieke warmte	c
„ „ bij constanten druk	c_p
„ „ „ „ volume	c_v
Warmteuitzettingscoëfficiënt	$\varkappa$

Magnetiseeringssterkte	$\mathfrak{J}$
Sterkte van het magnetische veld	$\mathfrak{H}$
Magnetische dichtheid (inductie)	B
„ doorlaatbaarheid (permeabiliteit)	μ
„ opnemingsvermogen (susceptibiliteit)	$\varkappa$
Electromotorische kracht	E
Electrische stroomsterkte	I
Electrische weerstand	R
Electriciteitshoeveelheid	Q
Inductiviteit (coëfficiënt van zelfinductie)	L
Electrische capaciteit	C

Wiskundige gegevens.

Litteratuur. Rekentafels:

A. L. Crelle, Rechentafeln etc. Neue Ausgabe v. Seelinger.
Dr. H. Zimmermann. Rechentafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerthe. Wilh. Ernst u. Sohn, Berlin.

Tafels der getallen.

$$\frac{1}{n},\ n^2,\ n^3,\ \sqrt{n},\ \sqrt[3]{n},\ \pi n,\ \tfrac{1}{4}\pi n^2.$$

De van pijlen voorziene rij geeft tevens de regels voor de kommaverschuiving met het daarbij vermeld aantal te verschuiven cijfers.

Verplaatst men dus in de eerste kolom de komma van het getal één plaats naar links, dan is die verplaatsing in de 2e kolom één plaats naar rechts, in de 3e en 8e kolom twee plaatsen naar links, in de 4e kolom drie plaatsen naar links, en in de 7e kolom één plaats naar links. Is de verplaatsing v in de 1e kolom 2, dan is die in de 2e en 7e kolom twee, in de 3e en 8ste kolom vier, in de 5e kolom één en in de 4e kolom zes volgens de pijlrichting.

Voorbeeld: getal n = 435, 43,5, 4,35 enz.

Quotiënt: $\frac{1000}{435} = 2{,}298\ 85$

$\frac{1}{435} = 0{,}002\ 298\ 85$

Kwadraat: $435^2 = 189\ 225$
$43{,}5^2 = 1\ 892{,}25$
$4{,}35^2 = 18{,}922\ 5$
$0{,}435^2 = 0{,}189\ 225$ enz.

Kubiek: $435^3 = 82\ 312\ 875$
$43{,}5^3 = 82{,}312\ 875$, enz.

Vierkantswortel: $\sqrt{435} = 20{,}856\ 7$

$\sqrt{4{,}35} = 2{,}085\ 67$

Om den wortel van een getal met grooter aantal cijfers te vinden, zoekt men dit getal b.v. 18,5795 in de kolom van het kwadraat op en vindt dit zonder komma op bldz. 152, gelegen tusschen n = 4,31 en n 4,32. Het verschil tusschen beide is 863 en voor elk tiende deel 86,3. Het verschil van het kwadraat van 4,31 en 18,5795 bedraagt 34, dus minder dan een tiende, zoodat

$\sqrt{18{,}5795} = 4{,}310$

Derdemachtswortel: $\sqrt[3]{435} = 7{,}5770$

$\sqrt[3]{0{,}435} = 0{,}757\ 70$

Om den derdemachtswortel van een getal met grooter aantal cijfers te vinden b.v. van het getal 82,137 zoekt men dit getal zonder komma op in de kolom van n, en wel dat getal, waarbij door verschuiving van 2 × drie cijfers het getal 82,137 het dichtst benaderd wordt.

Men vindt daarvoor de getallen 81 746 504 en 82 312 875 behoorende bij n = 434 en n = 435. Wij weten dus alleen

dat $\sqrt[3]{82{,}137} = 4{,}34\ .\ .\ .$

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←$\frac{1}{2}$v	←$\frac{1}{3}$v	←v	←2v	←v
1	1000,000	1	1	1,000 0	1,000 0	3,142	0,785 4	1
2	500,000	4	8	1,414 2	1,259 9	6,283	3,141 6	2
3	333,333	9	27	1,732 1	1,442 2	9,425	7,068 6	3
4	250,000	16	64	2,000 0	1,587 4	12,566	12,566 4	4
5	200,000	25	125	2,236 1	1,710 0	15,708	19,635 0	5
6	166,667	36	216	2,449 5	1,817 1	18,850	28,274 3	6
7	142,857	49	343	2,645 8	1,912 9	21,991	38,484 5	7
8	125,000	64	512	2,828 4	2,000 0	25,133	50,265 5	8
9	111,111	81	729	3,000 0	2,080 1	28,274	63,617 3	9
10	100,000	1 00	1 000	3,162 3	2,154 4	31,416	78,539 8	10
11	90,909 1	1 21	1 331	3,316 6	2,224 0	34,558	95,033 2	11
12	83,333 3	1 44	1 728	3,464 1	2,289 4	37,699	1 13,097	12
13	76,923 1	1 69	2 197	3,605 6	2,351 3	40,841	1 32,732	13
14	71,428 6	1 96	2 744	3,741 7	2,410 1	43,982	1 53,938	14
15	66,666 7	2 25	3 375	3,873 0	2,466 2	47,124	1 76,715	15
16	62,500 0	2 56	4 096	4,000 0	2,519 8	50,266	2 01,062	16
17	58,823 5	2 89	4 913	4,123 1	2,571 3	53,407	2 26,980	17
18	55,555 6	3 24	5 832	4,244 6	2,620 7	56,549	2 54,469	18
19	52,631 6	3 61	6 859	4,358 9	2,668 4	59,690	2 83,529	19
20	50,000 0	4 00	8 000	4,472 1	2,714 4	62,832	3 14,159	20
21	47,619	4 41	9 261	4,582 6	2,758 9	65,973	3 46,361	21
22	45,454 5	4 84	10 648	4,690 4	2,802 0	69,115	3 80,133	22
23	43,478 3	5 29	12 167	4,795 8	2,843 9	72,257	4 15,476	23
24	41,666 7	5 76	13 824	4,899 0	2,884 5	75,398	4 52,389	24
25	40,000 0	6 25	15 625	5,000 0	2,924 0	78,540	4 90,874	25
26	38,461 5	6 76	17 576	5,099 0	2,962 5	81,681	5 30,929	26
27	37,037 0	7 29	19 683	5,196 2	3,000 0	84,823	5 72,555	27
28	35,714 3	7 84	21 952	5,291 5	3,036 6	87,965	6 15,752	28
29	34,482 8	8 41	24 389	5,385 2	3,072 3	91,106	6 60,520	29
30	33,333 3	9 00	27 000	5,477 2	3,107 2	94,248	7 06,858	30
31	32,258 1	9 61	29 791	5,567 8	3,141 4	97,389 4	7 54,767 6	31
32	31,250 0	10 24	32 768	5,656 9	3,174 8	100,531 0	8 04,247 7	32
33	30,303 0	10 89	35 937	5,744 6	3,207 5	103,672 6	8 55,298 6	33
34	29,411 8	11 56	39 304	5,831 0	3,239 6	106,814 2	9 07,920 3	34
35	28,571 4	12 25	42 875	5,916 1	3,271 1	109,955 2	9 62,112 8	35
36	27,777 8	12 96	46 656	6,000 0	3,301 9	113,097 3	10 17,876 0	36
37	27,027 0	13 69	50 653	6,082 8	3,332 2	116,238 9	10 75,210 1	37
38	26,315 8	14 44	54 872	6,164 4	3,362 0	119,380 5	11 34,114 9	38
39	25,641 0	15 21	59 319	6,245 0	3,391 2	122,522 1	11 94,590 6	39
40	25,000 0	16 00	64 000	6,324 6	3,420 0	125,663 7	12 56,637 1	40
41	24,390 2	16 81	68 921	6,403 1	3,448 2	128,805 3	13 20,254 3	41
42	23,809 5	17 64	74 088	6,480 7	3,476 0	131,946 9	13 85,442 4	42
43	23,255 8	18 49	79 507	6,557 4	3,503 4	135,088 5	14 52,201 2	43
44	22,727 3	19 36	85 184	6,633 2	3,530 3	138,230 1	15 20,530 8	44
45	22,222 2	20 25	91 125	6,708 2	3,556 9	141,371 7	15 90,431 3	45

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants-wortel	Derdemachts-wortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4 \pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	← v
46	21,739 1	21 16	97 336	6,782 3	3,583 0	144,513 3	16 61,902 5	46
47	21,276 6	22 09	103 823	6,855 7	3,608 8	147,654 9	17 34,944 5	47
48	20,833 3	23 04	110 592	6,928 2	3,634 2	150,796 4	18 09,557 4	48
49	20,408 2	24 01	117 649	7,000 0	3,659 3	153,938 0	18 85,741 0	49
50	20,000 0	25 00	125 000	7,071 1	3,684 0	157,079 6	19 63,495 4	50
51	19,607 8	26 01	132 651	7,141 4	3,708 4	160,221 2	20 42,820 6	51
52	19,230 8	27 04	140 608	7,211 1	3,732 5	163,362 8	21 23,716 6	52
53	18,867 9	28 09	148 877	7,280 1	3,756 3	166,504 4	22 06,183 4	53
54	18,518 5	29 16	157 464	7,348 5	3,779 8	169,646 0	22 90,221 0	54
55	18,181 8	30 25	166 375	7,416 2	3,803 0	172,787 6	23 75,829 4	55
56	17,857 1	31 36	175 616	7,483 3	3,825 9	175,929 2	24 63,008 6	56
57	17,543 9	32 49	185 193	7,549 8	3,848 5	179,070 8	25 51,758 6	57
58	17,241 4	33 64	195 112	7,615 8	3,870 9	182,212 4	26 42,079 4	58
59	16,949 2	34 81	205 379	7,681 1	3,893 0	185,354 0	27 33,971 0	59
60	16,666 7	36 00	216 000	7,746 0	3,914 9	188,495 6	28 27,433 4	60
61	16,393 4	37 21	226 981	7,810 2	3,936 5	191,637 2	29 22,466 6	61
62	16,129 0	38 44	238 328	7,874 0	3,957 9	194,778 7	30 19,070 5	62
63	15,873 0	39 69	250 047	7,937 3	3,979 1	197,920 3	31 17,245 3	63
64	15,625 0	40 96	262 144	8,000 0	4,000 0	201,061 9	32 16,990 9	64
65	15,384 6	42 25	274 625	8,062 3	4,020 7	204,203 5	33 18,307 2	65
66	15,151 5	43,56	287 496	8,124 0	4,041 2	207,345 1	34 21,194 5	66
67	14,925 4	44 89	300 763	8,185 4	4,061 5	210,480 5	35 25,652 4	67
68	14,705 9	46 24	314,432	8,246 2	4,081 7	213,628 3	36 31,680 8	68
69	14,492 8	47 61	328 509	8,306 6	4,101 6	216,763 5	37 39,281 0	69
70	14,285 7	49 00	343 000	8,366 6	4,121 3	219,903 0	38 48,451 2	70
71	14,084 5	50 41	357 911	8,426 1	4,140 8	223,053 1	39 59,192 7	71
72	13,888 9	51 84	373 248	8,485 3	4,160 2	226,194 7	40 71,504 2	72
73	13,698 6	53 29	389 017	8,544 0	4,179 3	229,336 3	41 85,387 4	73
74	13,513 5	54 76	405 224	8,602 3	4,198 3	232,477 9	43 00,840 6	74
75	13,333 3	56 25	421 875	8,660 3	4,217 2	235,619 5	44 17,865 3	75
76	13,157 9	57 76	438 976	8,717 8	4,235 8	238,754 4	45 36,460 4	76
77	12,987 0	59 29	456 533	8,775 0	4,254 3	241,895 5	46 56,626 6	77
78	12,820 5	60 84	474 552	8,831 8	4,272 7	245,037 0	47 78,362 6	78
79	12,658 2	62 41	493 039	8,888 2	4,290 8	248,185 6	49 01,670 5	79
80	12,500 0	64 00	512 000	8,944 3	4,308 9	251,327 3	50 26,548 8	80
81	12,345 7	65 61	531 441	9,000 0	4,326 7	254,461 6	51 52,997 6	81
82	12,195 1	67 24	551 368	9,055 4	4,344 5	257,603 0	52 81,017 1	82
83	12,048 2	68 89	571 787	9,110 4	4,362 1	260,744 5	54 10,608 6	83
84	11,904 8	70 56	592 704	9,165 2	4,379 5	263,876 0	55 41,770 5	84
85	11,764 7	72 25	614 125	9,219 5	4,396 8	267,027 5	56 74,502 6	85
86	11,627 9	73 96	636 056	9,273 6	4,414 0	270,169 1	58 08,805 3	86
87	11,494 3	75 69	658 503	9,327 4	4,431 0	273,310 6	59 44,679 5	87
88	11,363 6	77 44	681 472	9,380 8	4,448 0	276,452 1	60 82,122 5	88
89	11,236 0	79 21	704 969	9,434 0	4,464 7	279,593 5	62 21,138 6	89
90	11,111 1	81 00	729 000	9,486 8	4,481 4	282,735 0	63 61,725 0	90

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants-wortel	Derde machts-wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\, \pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←$^1/_2$v	←$^1/_3$v	←v	←2v	←v
91	10,989 0	82 81	753 571	9,539 4	4,497 9	285,876 5	65 03,88 21	91
92	10,869 6	84 64	778 688	9,591 7	4,514 4	289,022 0	66 47,61 08	92
93	10,752 7	86 49	804 357	9,643 7	4,530 7	292,159 5	67 92,90 94	93
94	10,638 3	88 36	830 584	9,695 4	4,546 8	295,301 1	69 39,77 78	94
95	10,526 3	90 25	857 375	9,746 8	4,562 9	298,442 5	70 88,21 80	95
96	10,416 7	92 16	884 736	9,798 0	4,578 9	301,583 3	72 38,23 00	96
97	10,309 3	94 09	912 673	9,848 9	4,594 7	304,725 5	73 89,81 20	97
98	10,204 1	96 04	941 192	9,899 5	4,610 4	307,867 0	75 42,96 50	98
99	10,101 0	98 01	970 299	9,949 9	4,626 1	311,008 5	76 97,68 77	99
100	10,000 0	1 00 00	1 000 000	10,000 0	4,641 6	314,159 3	78 53,98 18	100
101	9,909 9	1 02 01	1 030 301	10,049 9	4,657 0	317,300 9	80 11,84 67	101
102	9,839 2	1 04 04	1 061 208	10,099 5	4,672 3	320,442 5	81 71,28 25	102
103	9,787 4	1 06 09	1 092 727	10,148 9	4,687 5	323,584 0	83 32,28 91	103
104	9,615 38	1 08 16	1 124 864	10,198 0	4,702 7	326,725 6	84 94,86 65	104
105	9,523 81	1 10 25	1 157 625	10,247 0	4,717 7	329,867 2	86 59,01 47	105
106	9,433 96	1 12 36	1 191 016	10,295 6	4,732 6	333,008 8	88 24,73 38	106
107	9,345 79	1 14 49	1 225 043	10,344 1	4,747 5	336,150 4	89 92,02 36	107
108	9,259 26	1 16 64	1 259 712	10,392 3	4,762 2	339,232 0	91 60,88 42	108
109	9,174 31	1 18 81	1 295 029	10,440 3	4,776 9	342,433 6	93 31,31 56	109
110	9,090 91	1 21 00	1 331 000	10,488 1	4,791 4	345,575 2	95 03,31 78	110
111	9,009 01	1 23 21	1 367 631	10,535 7	4,805 9	348,716 8	96 76,89 09	111
112	8,928 57	1 25 44	1 404 928	10,583 0	4,820 3	351,858 4	98 52,03 45	112
113	8,849 56	1 27 69	1 442 897	10,630 1	4,834 6	355,000 0	1 00 28,74 91	113
114	8,771 93	1 29 96	1 481 544	10,677 1	4,448 8	358,141 6	1 02 07,03 45	114
115	8,695 65	1 32 25	1 520 875	10,723 8	4,862 9	361,283 1	1 03 86,89 07	115
116	8,620 69	1 34 56	1 560 896	10,770 3	4,877 0	364,42	1 05 68,34	116
117	8,547 01	1 36 89	1 601 613	10,816 7	4,891 0	367,57	1 07 51,34	117
118	8,474 58	1 39 24	1 643 032	10,862 8	4,904 9	370,71	1 09 35,90	118
119	8,403 36	1 41 61	1 685 159	10,908 7	4,918 7	373,85	1 11 22,04	119
120	8,333 33	1 44 00	1 728 000	10,954 5	4,932 4	376,99	1 13 09,73	120
121	8,264 46	1 46 41	1 771 561	11,000 0	4,946 1	380,13	1 14 99,04	121
122	8,196 72	1 48 84	1 815 848	11,045 4	4,959 7	383,27	1 16 89,89	122
123	8,130 08	1 51 29	1 860 867	11,090 5	4,973 2	386,42	1 18 82 31	123
124	8,064 52	1 53 76	1 906 624	11,135 5	4,986 6	389,56	1 20 76,31	124
125	8,000 00	1 56 25	1 953 125	11,180 3	5,000 0	392,70	1 22 71,85	125
126	7,936 51	1 58 76	2 000 376	11,225 0	5,013 3	395,84	1 24 69,01	126
127	7,874 02	1 61 29	2 048 383	11,269 4	5,026 5	398,98	1 26 67,71	127
128	7,812 50	1 63 84	2 097 152	11,313 7	5,039 7	402,12	1 28 67,99	128
129	7,751 94	1 66 41	2 146 689	11,357 8	5,052 8	405,27	1 30 69,84	129
130	7,692 31	1 69 00	2 197 000	11,401 8	5,065 8	408,41	1 32 73,23	130
131	7,633 59	1 71 61	2 248 091	11,445 5	5,078 8	411,55	1 34 78,24	131
132	7,575 76	1 74 24	2 299 968	11,489 1	5,091 6	414,69	1 36 84,80	132
133	7,518 80	1 76 89	2 352 637	11,532 6	5,104 5	417,83	1 38 92,94	133
134	7,462 69	1 79 56	2 406 104	11,575 8	5,117 2	420,97	1 41 02,64	134
135	7,407 41	1 82 75	2 460 375	11,619 0	5,129 9	424,12	1 43 13,88	135

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derde machts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4 \pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←$^1/_2$v	←$^1/_3$v	←v	←2v	←v
136	7,352 94	1 84 96	2 515 456	11,661 9	5,142 6	427,26	1 45 26,75	136
137	7,299 27	1 87 69	2 571 353	11,704 7	5,155 1	430,40	1 47 41,17	137
138	7,246 38	1 90 44	2 628 072	11,747 3	5,167 6	433,54	1 49 57,15	138
139	7,194 24	1 93 21	2 685 619	11,789 8	5,180 1	436,68	1 51 74,71	139
140	7,142 86	1 96 00	2 744 000	11,832 2	5,192 5	439,82	1 53 93,80	140
141	7,092 20	1 98 81	2 803 221	11,874 3	5,204 8	442,96	1 56 14,53	141
142	7,042 25	2 01 64	2 863 288	11,916 4	5,217 1	446,11	1 58 36,80	142
143	6,993 01	2 04 49	2 924 207	11,958 3	5,229 3	449,25	1 60 60,64	143
144	6,944 44	2 07 36	2 985 984	12,000 0	5,241 5	452,39	1 62 86,05	144
145	6,896 55	2 10 25	3 048 625	12,041 6	5,253 6	455,53	1 65 13,00	145
146	6,849 32	2 13 16	3 112 136	12,083 0	5,265 6	458,67	1 67 41,58	146
147	6,802 72	2 16 09	3 176 523	12,124 4	5,277 6	461,81	1 69 71,70	147
148	6,756 76	2 19 04	3 241 792	12,165 5	5,289 6	464,96	1 72 03,40	148
149	6,711 41	2 22 01	3 307 949	12,206 6	5,301 5	468,10	1 74 36,62	149
150	6,666 67	2 25 00	3 375 000	12,247 4	5,313 3	471,24	1 76 71,46	150
151	6,622 52	2 28 01	3 442 951	12,288 2	5,325 1	474,38	1 79 07,90	151
152	6,578 95	2 31 04	3 511 808	12,328 8	5,336 8	477,52	1 81 45,88	152
153	6,535 95	2 34 09	3 581 577	12,369 3	5,348 5	480,66	1 83 85,42	153
154	6,493 51	2 37 16	3 652 264	12,409 7	5,360 1	483,81	1 86 26,54	154
155	6,451 61	2 40 25	3 723 875	12,449 9	5,371 7	486,95	1 88 69,19	155
156	6,410 26	2 43 36	3 796 416	12,490 0	5,383 2	490,09	1 91 13,49	156
157	6,369 43	2 46 49	3 869 893	12,530 0	5,394 7	493,23	1 93 59,32	157
158	6.329 11	2 49 64	3 944 312	12,569 8	5,406 1	496,37	1 96 06,72	158
159	6,289 31	2 52 81	4 019 679	12,609 5	5,417 5	499,51	1 98 55,69	159
160	6,250 00	2 56 00	4 096 000	12,649 1	5,428 8	502,65	2 01 06,19	160
161	6,211 18	2 59 21	4 173 281	12,688 6	5,440 1	505,80	2 03 58,35	161
162	6,172 84	2 62 44	4 251 528	12,727 9	5,451 4	508,94	2 06 12,03	162
163	6,134 97	2 65 69	4 330 747	12,767 1	5,462 6	512,08	2 08 67,20	163
164	6,097 56	2 68 96	4 410 944	12,806 2	5,473 7	515,22	2 11 24,11	164
165	6,060 61	2 72 25	4 492 125	12,845 2	5,484 8	518,36	2 13 82,46	165
166	6,024 10	2 75 56	4 574 296	12,884 1	5,495 9	521,50	2 16 42,48	166
167	5,988 02	2 78 89	4 657 463	12,922 8	5,506 9	524,65	2 19 04,02	176
168	5,952 38	2 82 24	4 741 632	12,961 5	5,517 8	527,79	2 21 67,12	168
169	5,917 16	2 85 61	4 826 809	13,000 0	5,528 8	530,93	2 24 31,80	169
170	5,882 35	2 89 00	4 913 000	13,038 4	5,539 7	534,07	2 26 98,01	170
171	5,847 95	2 92 41	5 000 211	13,076 7	5,550 5	537,21	2 29 65,88	171
172	5,813 95	2 95 84	5 088 448	13,114 9	5,561 3	540,35	2 32 35,27	172
173	5,780 35	2 99 29	5 177 717	13,152 9	5,572 1	543,50	2 35 06,23	173
174	5,747 13	3 02 76	5 268 024	13,190 9	5,582 8	546,64	2 37 78,77	174
175	5,714 29	3 06 25	5 359 375	13,222 8	5,593 4	549,78	2 40 52,82	175
176	5,681 82	3 09 76	5 451 776	13,266 5	5,604 1	552,92	2 43 28,49	176
177	5,649 72	3 13 29	5 545 233	13,304 1	5,614 7	556,06	2 46 05,79	177
178	5,617 98	3 16 84	5 639 752	13,341 7	5,625 2	559,20	2 48 84,61	178
179	5,586 59	3 20 41	5 735 339	13,379 1	5,635 7	562,35	2 51 65,00	179
180	5,555 56	3 24 00	5 832 000	13,416 4	5,646 2	565,49	2 54 46,90	180

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat (van het getal *n*)	Kubiek (van het getal *n*)	Vierkantswortel (van het getal *n*)	Derde machtswortel (van het getal *n*)	Cirkel-omtrek (voor den diam. *n*)	Cirkel-inhoud (voor den diam. *n*)	Getal of diameter
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←½v	←⅓v	←v	←2v	←v
181	5,524 86	3 27 61	5 929 741	13,453 6	5,656 7	568,63	2 57 30,48	181
182	5,494 51	3 31 24	6 028 568	13,490 7	5,667 1	571,77	2 60 15,58	182
183	5,464 48	3 34 89	6 128 487	13,527 7	5,677 4	574,91	2 63 02,26	183
184	5,434 78	3 38 56	6 229 504	13,564 7	5,687 7	578,05	2 65 90,44	184
185	5,405 41	3 42 25	6 331 625	13,601 5	5,698 0	581,19	2 68 80,25	185
186	5,376 34	3 45 96	6 434 856	13,638 2	5,708 3	584,34	2 71 71,69	186
187	5,347 59	3 49 69	6 539 203	13,674 8	5,718 5	587,48	2 74 64,65	187
188	5,319 15	3 53 44	6 644 672	13,711 3	5,728 7	590,62	2 77 59,17	188
189	5,291 01	3 57 21	6 751 269	13,747 7	5,738 8	593,76	2 80 55,27	189
190	5,263 16	3 61 00	6 859 000	13,784 0	5,748 9	596,90	2 83 52,87	190
191	5,235 60	3 64 81	6 967 871	13,820 3	5,759 0	600,04	2 86 52,17	191
192	5,208 33	3 68 64	7 077 888	13,856 4	5,769 0	603,19	2 89 52,98	192
193	5,181 35	3 72 49	7 189 057	13,892 4	5,779 0	606,33	2 92 55,36	193
194	5,154 64	3 76 36	7 301 384	13,928 4	5,789 0	609,47	2 95 59,31	194
195	5,128 21	3 80 25	7 414 875	13,964 2	5,798 9	612,61	2 98 64,77	195
196	5,102 04	3 84 16	7 529 536	14,000 0	5,808 8	615,75	3 01 71,92	196
197	5,076 14	3 88 09	7 645 373	14,035 7	5,818 6	618,89	3 04 80,60	197
198	5,050 51	3 92 04	7 762 392	14,071 2	5,828 5	622,04	3 07 90,82	198
199	5,025 13	3 96 01	7 880 599	14,106 7	5,838 3	625,18	3 11 02,52	199
200	5,000 00	4 00 00	8 000 000	14,142 1	5,848 0	628,32	3 14 15,93	200
201	4,975 12	4 04 01	8 120 601	14,177 4	5,857 8	631,46	3 17 30,94	201
202	4,950 50	4 08 04	8 242 408	14,212 7	5,867 5	634,60	3 20 47,46	202
203	4,926 11	4 12 09	8 365 427	14,247 8	5,877 1	637,74	3 23 65,54	203
204	4,901 96	4 16 16	8 489 664	14,282 9	5,886 8	640,89	3 26 85,20	204
205	4,878 05	4 20 25	8 615 125	14,317 8	5,896 4	644,03	3 30 06,36	205
206	4 854 37	4 24 36	8 741 816	14,352 7	5,905 9	647,17	3 33 29,23	206
207	4,830 92	4 28 49	8 869 743	14,387 5	5,915 5	650,31	3 36 53,51	207
208	4,807 69	4 32 64	8 998 912	14,422 2	5,925 0	653,45	3 39 79,47	208
209	4,784 69	4 36 81	9 129 329	14,456 8	5,934 5	656,59	3 43 07,05	209
210	4,761 90	4 41 00	9 261 000	14,491 4	5,943 9	659,73	3 46 36,06	210
211	4,739 34	4 45 21	9 393 931	14,525 8	5,953 3	662,88	3 49 66,79	211
212	4,716 98	4 49 44	9 528 128	14,560 2	5,962 7	666,02	3 52 99,01	212
213	4,694 84	4 53 69	9 663 597	14,594 5	5,972 1	669,16	3 56 32,81	213
214	4,672 90	4 57 96	9 800 344	14,628 7	5,981 4	672,30	3 59 68,17	214
215	4,651 16	4 62 25	9 938 375	14,662 9	5,990 7	675,44	3 63 05,03	215
216	4,629 63	4 66 56	10 077 696	14,696 9	6,000 0	678,58	3 66 43,62	216
217	4,608 29	4 70 89	10 218 313	14,730 9	6,009 2	681,73	3 69 83,70	217
218	4,587 16	4 75 24	10 360 232	14,764 8	6,018 5	684,87	3 73 25,34	218
219	4,566 21	4 79 61	10 503 459	14,798 6	6,027 7	688,01	3 76 68,47	219
220	4,545 45	4 84 00	10 648 000	14,832 4	6,036 8	691,15	3 80 13,27	220
221	4,524 89	4 88 41	10 793 861	14,866 1	6,045 9	694,29	3 83 59,72	221
222	4,504 50	4 92 84	10 941 048	14,899 7	6,055 0	697,43	3 87 07,65	222
223	4,484 30	4 97 29	11 089 567	14,933 2	6,064 1	700,58	3 90 57,07	223
224	4,464 29	5 01 76	11 239 424	14,966 6	6,073 2	703,72	3 94 08,23	224
225	4,444 44	5 06 25	11 390 625	15,000 0	6,082 2	706,86	3 97 60,78	225

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat van het getal *n*	Kubiek van het getal *n*	Vierkantswortel van het getal *n*	Derdemachtswortel van het getal *n*	Cirkel-omtrek voor den diam. *n*	Cirkel-inhoud voor den diam. *n*	Getal of diameter
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←½v	←⅓v	←v	←2v	←v
226	4,424 78	5 10 76	11 543 176	15,033 3	6,091 2	710,00	4 01 15,09	226
227	4,405 29	5 15 29	11 697 083	15,066 5	6,100 2	713,14	4 04 70,87	227
228	4,385 96	5 19 84	11 852 352	15,099 7	6,109 1	716,28	4 08 28,23	228
229	4,366 81	5 24 41	12 008 989	15,132 7	6,118 0	719,42	4 11 87,16	229
230	4,347 83	5 29 00	12 167 000	15,165 8	6,126 9	722,57	4 15 47,56	230
231	4,329 00	5 33 61	12 326 391	15,198 7	6,135 8	725,71	4 19 09,72	231
232	4,310 34	5 38 24	12 487 168	15,231 5	6,144 6	728,85	4 22 73,36	232
233	4,291 85	5 42 89	12 649 337	15,264 3	6,153 4	731,99	4 26 38,48	233
234	4,273 50	5 47 56	12 812 904	15,297 1	6,162 2	735,13	4 30 05,36	234
235	4,255 32	5 52 25	12 977 875	15,329 7	6,171 0	738,27	4 33 73,61	235
236	4,237 29	5 56 96	13 144 256	15,362 3	6.179 7	741,42	4 37 43,63	236
237	4,219 41	5 61 69	13 312 053	15,394 8	6,188 5	744,56	4 41 15,11	237
238	4,201 68	5 66 44	13 481 272	15,427 2	6,197 2	747,70	4 44 88,19	238
239	4,184 10	5 71 21	13 651 919	15,459 6	6,205 8	750,84	4 48 62,83	239
240	4,166 67	5 76 00	13 824 000	15,491 9	6,214 5	753,98	4 52 38,93	240
241	4,149 38	5 80 81	13 997 521	15,524 2	6,223 1	757,12	4 56 16,81	241
242	4,132 23	5 85 64	14 172 488	15,556 3	6,231 7	760,27	4 59 96,16	242
243	4,115 23	5 90 49	14 348 907	15,588 5	6,240 3	763,41	4 63 77,08	243
244	4,098 36	5 95 36	14 526 784	15,620 5	6,248 8	766,55	4 67 59,46	244
245	4,081 63	6 00 25	14 706 125	15,652 5	6,257 3	769,69	4 71 43,52	245
246	4,065 04	6 05 16	14 886 936	15,684 4	6,265 8	772,83	4 75 29,26	246
247	4,048 58	6 10 09	15 069 223	15,716 2	6,274 3	775,97	4 79 16,46	247
248	4,032 26	6 15 04	15 252 992	15,748 0	6,282 8	779,12	4 83 05,24	248
249	4,016 06	6 20 01	15 438 249	15,779 7	6,291 2	782,26	4 86 95,45	249
250	4,000 00	6 25 00	15 625 000	15,811 4	6,299 6	785,40	4 90 87,39	250
251	3,984 06	6 30 01	15 813 251	15,843 0	6,308 0	788,54	4 94 80,98	251
252	3,968 25	6 35 04	16 003 008	15,874 5	6,316 4	791,68	4 98 76,04	252
253	3,952 57	6 40 09	16 194 277	15,906 0	6,324 7	794,82	5 02 72,66	253
254	3,937 01	6 45 16	16 387 064	15,937 4	6,333 0	797,96	5 06 70,86	254
255	3,921 57	6 50 25	16 581 375	15,968 7	6,341 3	801,11	5 10 70,52	255
256	3,906 25	6 55 36	16 777 216	16,000 0	6,349 6	804,25	5 14 71,96	256
257	3,891 05	6 60 49	16 974 593	16,031 2	6,357 9	807,39	5 18 74,88	257
258	3,875 97	6 65 64	17 173 512	16,062 4	6,366 1	810,53	5 22 79,36	258
259	3,861 00	6 70 81	17 373 979	16,093 5	6,374 3	813,67	5 26 85,41	259
260	3,846 15	6 76 00	17 576 000	16,124 5	6,382 5	816,81	5 30 92,92	260
261	3,831 42	6 81 21	17 779 581	16,155 5	6,390 7	819,96	5 35 02,23	261
262	3,816 79	6 86 44	17 984 728	16,186 4	6,398 8	823,10	5 39 12,99	262
263	3,802 28	6 91 69	18 191 447	16,217 3	6,407 0	826,24	5 43 25,33	263
264	3,787 88	6 96 96	18 399 744	16,248 1	6,415 1	829,38	5 47 39,23	264
265	3,773 58	7 02 25	18 609 625	16,278 8	6,423 2	832,52	5 51 54,59	265
266	3,759 40	7 07 56	18 821 096	16,309 5	6,431 2	835,66	5 55 71,70	266
267	3,745 32	7 12 89	19 034 163	16,340 1	6,439 3	838,81	5 59 90,38	267
268	3,731 34	7 18 24	19 248 832	16,370 7	6,447 3	841,95	5 64 10,44	268
269	3,717 47	7 23 61	19 465 109	16,401 2	6,455 3	845,09	5 68 32,32	269
270	3,703 70	7 29 00	19 683 000	16,431 7	6,463 3	848,23	5 72 55,53	270

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derde machtswortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4 \pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← ½v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	← v
271	3,690 04	7 34 41	19 902 511	16,462 1	6,471 3	851,37	5 76 80,43	271
272	3,676 47	7 39 84	20 123 648	16,492 4	6,479 2	854,51	5 81 07,03	272
273	3,663 00	7 45 29	20 346 417	16,522 7	6,487 2	857,66	5 85 35,07	273
274	3,649 64	7 50 76	20 570 824	16,552 9	6,495 1	860,80	5 89 64,69	274
275	3,636 36	7 56 25	20 796 875	16,583 1	6,503 0	863,94	5 93 95,74	275
276	3,623 19	7 61 76	21 024 576	16,613 2	6,510 8	867,08	5 98 28,49	276
277	3,610 11	7 67 29	21 253 933	16,643 3	6,518 7	870,22	6 02 62,95	277
278	3,597 12	7 72 84	21 484 952	16,673 3	6,526 5	873,36	6 06 98,85	278
279	3,584 23	7 78 41	21 717 639	16,703 3	6,534 3	876,50	6 11 36,32	279
280	3,571 43	7 84 00	21 952 000	16,733 2	6,542 1	879,65	6 15 75,22	280
281	3,558 72	7 89 61	22 188 041	16,763 1	6,549 9	882,79	6 20 15,96	281
282	3,546 10	7 95 24	22 425 768	16,792 9	6,557 7	885,93	6 24 58,14	282
283	3,533 57	8 00 89	22 665 187	16,822 6	6,565 4	889,07	6 29 01,90	283
284	3,521 13	8 06 56	22 906 304	16,852 3	6,573 1	892,21	6 33 47,22	284
285	3,508 77	8 12 25	23 149 125	16,881 9	6,580 8	895,35	6 37 93,97	285
286	3,496 50	8 17 96	23 393 656	16,911 5	6,588 5	898,50	6 42 42,43	286
287	3,484 32	8 23 69	23 639 903	16,941 1	6,596 2	901,64	6 46 92,46	287
288	3,472 22	8 29 44	23 887 872	16,970 6	6,603 9	904,78	6 51 44,21	288
289	3,460 21	8 35 21	24 137 569	17,000 0	6,611 5	907,92	6 55 97,39	289
290	3,448 28	8 41 00	24 389 000	17,029 4	6,619 1	911,06	6 60 51,99	290
291	3,436 43	8 46 81	24 642 171	17,058 7	6,626 7	914,20	6 65 08,45	291
292	3,424 66	8 52 64	24 897 088	17,088 0	6,634 3	917,35	6 69 66,34	292
293	3,412 97	8 58 49	25 153 757	17,117 2	6,641 9	920,49	6 74 25,80	293
294	3,401 36	8 64 36	25 412 184	17,146 4	6,649 4	923,63	6 78 86,83	294
295	3,389 83	8 70 25	25 672 375	17,175 6	6,656 9	926,77	6 83 49,28	295
296	3,378 38	8 76 16	25 934 336	17,204 7	6,664 4	929,91	6 88 13,45	296
297	3,367 00	8 82 09	26 198 073	17,233 7	6,671 9	933,05	6 92 79,34	297
298	3,355 70	8 88 04	26 463 592	17,262 7	6,679 4	936,19	6 97 46,66	298
299	3,344 48	8 94 01	26 730 899	17,291 6	6,686 9	939,34	7 02 15,38	299
300	3,333 33	9 00 00	27 000 000	17,320 5	6,694 3	942,48	7 06 85,84	300
301	3,322 26	9 06 01	27 270 901	17,349 4	6,701 8	945,62	7 11 58,02	301
302	3,311 26	9 12 04	27 543 608	17,378 1	6,709 2	948,76	7 16 31,45	302
303	3,300 33	9 18 09	27 818 127	17,406 9	6,716 6	951,90	7 21 06,78	303
304	3,289 47	9 24 16	28 094 464	17,435 6	6,724 0	955,04	7 25 83,37	304
305	3,278 69	9 30 25	28 372 625	17,464 2	6,731 3	958,19	7 30 61,66	305
306	3,267 97	9 36 36	28 652 616	17,492 9	6,738 7	961,33	7 35 41,54	306
307	3,257 33	9 42 49	28 934 443	17,521 4	6,746 0	964,47	7 40 23,16	307
308	3,246 75	9 48 64	29 218 112	17,549 9	6,753 3	967,61	7 45 06,18	308
309	3,236 25	9 54 81	29 503 629	17,578 4	6,670 6	970,75	7 49 90,77	309
310	3,225 81	9 61 00	29 791 000	17,606 8	6,767 9	973,89	7 54 76,76	310
311	3,215 43	9 67 21	30 080 231	17,635 2	6,775 2	977,04	7 59 64,50	311
312	3,205 13	9 73 44	30 371 328	17,663 5	6,782 4	980,18	7 64 53,93	312
313	3,194 89	9 79 69	30 664 297	17,691 8	6,789 7	983,32	7 69 44,85	313
314	3,184 71	9 85 96	30 959 144	17,720 0	6,796 9	986,46	7 74 37,29	314
315	3,174 60	9 92 25	31 255 875	17,748 2	6,804 1	989,60	7 79 31,13	315

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derde machts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← ½v	← ⅓v	← v	← 2v	← v
316	3,164 56	9 98 56	31 554 496	17,776 4	6,811 3	992,74	7 84 26,89	316
317	3,154 57	10 04 89	31 855 013	17,804 5	6,818 5	995,88	7 89 24,06	317
318	3,144 65	10 11 24	32 157 432	17,832 6	6,825 6	999,03	7 94 22,78	318
319	3,134 80	10 17 61	32 461 759	17,860 6	6,832 8	1 002,17	7 99 23,08	319
320	3,125 00	10 24 00	32 768 000	17,888 5	6,839 9	1 005,31	8 04 24,77	320
321	3,115 26	10 30 41	33 076 161	17,916 5	6,847 0	1 008,45	8 09 28,41	321
322	3,105 59	10 36 84	33 386 248	17,944 4	6,854 1	1 011,59	8 14 33,44	322
323	3,095 98	10 43 29	33 698 267	17,972 2	6,861 2	1 014,73	8 19 39,99	323
324	3,086 42	10 49 76	34 012 224	18,000 0	6,868 3	1 017,88	8 24 48,15	324
325	3,076 92	10 56 25	34 328 125	18,027 8	6,875 3	1 021,02	8 29 57,68	325
326	3,067 48	10 62 76	34 645 976	18,055 5	6,882 4	1 024,16	8 34 69,17	326
327	3,058 10	10 69 29	34 965 783	18,083 1	6,889 4	1 027,30	8 39 81,88	327
328	3,048 78	10 75 84	35 287 552	18,110 8	6,896 4	1 030,44	8 44 96,47	328
329	3,039 51	10 82 41	35 611 289	18,138 4	6,903 4	1 033,58	8 50 12,48	329
330	3,030 30	10 89 00	35 937 000	18,165 9	6,910 4	1 036,73	8 55 29,86	330
331	3,021 15	10 95 61	36 264 691	18,193 4	6,917 4	1 039,87	8 60 49,20	331
332	3,012 05	11 02 24	36 594 368	18,220 9	6,924 4	1 043,01	8 65 69,92	332
333	3,003 00	11 08 89	36 926 037	18,248 3	6,931 3	1 046,15	8 70 92,22	333
334	2,994 01	11 15 56	37 259 704	18,275 7	6,938 2	1 049,29	8 76 16,08	334
335	2,985 07	11 22 25	37 595 375	18,303 0	6,945 1	1 052,43	8 81 41,31	335
336	2,976 19	11 28 96	37 933 056	18,330 3	6,952 1	1 055,58	8 86 68,32	336
337	2,967 36	11 35 69	38 272 753	18,357 6	6,958 9	1 058,72	8 91 97,09	337
338	2,958 58	11 42 44	38 614 472	18,384 8	6,965 8	1 061,86	8 97 27,23	338
339	2,949 85	11 49 21	38 958 219	18,412 0	6,972 7	1 065,00	9 02 58,95	339
340	2,941 18	11 56 00	39 304 000	18,439 1	6,979 5	1 068,14	9 07 92,04	340
341	2,932 55	11 62 81	39 651 821	18,466 2	6,986 4	1 071,28	9 13 27,09	341
342	2,923 98	11 69 64	40 001 688	18,493 2	6,993 2	1 074,42	9 18 63,32	342
343	2,915 45	11 76 49	40 353 607	18,520 3	7,000 0	1 077,57	9 24 01,15	343
344	2,906 98	11 83 36	40 707 584	18,547 2	7,006 8	1 080,71	9 29 41,09	344
345	2,898 55	11 90 25	41 063 625	18,574 2	7,013 6	1 083,85	9 34 82,02	345
346	2,890 17	11 97 16	41 421 736	18,601 1	7,020 3	1 086,99	9 40 24,94	346
347	2,881 84	12 04 09	41 781 923	18,627 9	7,027 1	1 090,13	9 45 69,22	347
348	2,873 56	12 11 04	42 144 192	18,654 8	7,033 8	1 093,27	9 51 15,08	348
349	2,865 33	12 18 01	42 508 549	18,681 5	7,040 6	1 096,42	9 56 62,26	349
350	2,857 14	12 25 00	42 875 000	18,708 3	7,047 3	1 099,56	9 62 11,28	350
351	2,849 00	12 32 01	43 243 551	18,735 0	7,054 0	1 102,70	9 67 62,06	351
352	2,840 91	12 39 04	43 614 208	18,761 7	7,060 7	1 105,84	9 73 14,20	252
353	2,832 86	12 46 09	43 986 977	18,788 3	7,067 4	1 108,98	9 78 67,90	353
354	2,824 86	12 53 16	44 361 864	18,814 9	7,074 0	1 112,12	9 84 23,18	354
355	2,816 90	12 60 25	44 738 875	18,841 4	7,080 7	1 115,27	9 89 79,80	355
356	2,808 99	12 67 36	45 118 016	18,868 0	7,087 3	1 118,41	9 95 38,45	356
357	2,801 12	12 74 49	45 499 293	18,894 4	7,094 0	1 121,55	10 00 98,43	357
358	2,793 30	12 81 64	45 882 712	18,920 9	7,100 6	1 124,69	10 06 60,00	358
359	2,785 52	12 88 81	46 268 279	18,947 3	7,107 2	1 127,83	10 12 23,13	359
360	2,777 78	12 96 00	46 656 000	18,973 7	7,113 8	1 130,97	10 17 87,60	360

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derdemachts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\,\pi\,n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	← v
361	2,770 08	13 03 21	47 045 881	19,000 0	7,120 4	1 134,12	10 23 54,11	361
362	2,762 43	13 10 44	47 437 928	19,026 3	7,126 9	1 137,26	10 29 21,95	362
363	2,754 82	13 17 69	47 832 147	19,052 6	7,133 5	1 140,40	10 34 91,31	363
364	2,747 25	13 24 96	48 228 544	19,078 8	7,140 0	1 143,54	10 40 62,35	364
365	2,739 73	13 32 25	48 627 125	19,105 0	7,146 6	1 146,68	10 46 34,67	365
366	2,732 24	13 39 56	49 027 896	19,131 1	7,153 1	1 149,82	10 52 09,04	366
367	2,724 80	13 46 89	49 430 863	19,157 2	7,159 6	1 152,97	10 57 84,74	367
368	2,717 39	13 54 24	49 836 032	19,183 3	7,166 1	1 156,11	10 63 62,00	368
369	2,710 03	13 61 61	50 243 409	19,209 4	7,172 6	1 159,25	10 69 40,84	369
370	2,702 70	13 69 00	50 653 000	19,235 4	7,179 1	1 162,39	10 75 21,01	370
371	2,695 42	13 76 41	51 064 811	19,261 4	7,185 5	1 165,53	10 81 03,22	371
372	2,688 17	13 83 84	51 478 848	19,287 3	7,192 0	1 168,67	10 86 86,79	372
373	2,680 97	13 91 29	51 895 117	19,313 2	7,198 4	1 171,81	10 92 71,91	373
374	2,673 80	13 98 76	52 313 624	19,339 1	7,204 8	1 174,96	10 98 58,38	374
375	2,666 67	14 06 25	52 734 375	19,364 9	7,211 2	1 178,10	11 04 46,62	375
376	2,659 57	14 13 76	53 157 376	19,390 7	7,217 7	1 181,24	11 10 36,44	376
377	2,652 52	14 21 29	53 582 633	19,416 5	7,224 0	1 184,38	11 16 28,11	377
378	2,645 50	14 28 84	54 010 152	19,442 2	7,230 4	1 187,52	11 22 21,09	378
379	2,638 52	14 36 41	54 439 939	19,467 9	7,236 8	1 190,66	11 28 15,36	379
380	2,631 58	14 44 00	54 872 000	19,493 6	7,243 2	1 193,81	11 34 11,49	380
381	2,624 67	14 51 61	55 306 341	19,519 2	7,249 5	1 196,95	11 40 09,46	381
382	2,617 80	14 59 24	55 742 968	19,544 8	7,255 8	1 200,09	11 46 08,44	382
383	2,610 97	14 66 89	56 181 887	19,570 4	7,262 2	1 203,23	11 52 09,32	383
384	2,604 17	14 74 56	56 623 104	19,595 9	7,268 5	1 206,37	11 58 11,94	384
385	2,597 40	14 82 25	57 066 625	19,621 4	7,274 8	1 209,51	11 64 15,64	385
386	2,590 67	14 89 96	57 512 456	19,646 9	7,281 1	1 212,66	11 70 21,45	386
387	2,583 98	14 97 69	57 960 603	19,672 3	7,287 4	1 215,80	11 76 28,35	387
388	2,577 32	15 05 44	58 411 072	19,697 7	7,293 6	1 218,94	11 82 37,25	388
389	2,570 69	15 13 21	58 863 869	19,723 1	7,299 9	1 222,08	11 88 47,25	389
390	2,564 10	15 21 00	59 319 000	19,748 4	7,306 1	1 225,22	11 94 59,06	390
391	2,557 54	15 28 81	59 776 471	19,773 7	7,312 4	1 228,36	12 00 72,49	391
392	2,551 02	15 36 64	60 236 288	19,799 0	7,318 6	1 231,50	12 06 87,44	392
393	2,544 53	15 44 49	60 698 457	19,824 2	7,324 8	1 234,65	12 13 04,24	393
394	2,538 07	15 52 36	61 162 984	19,849 4	7,331 0	1 237,79	12 19 22,43	394
395	2,531 65	15 60 25	61 629 875	19,874 6	7,337 2	1 240,93	12 25 41,75	395
396	2,525 25	15 68 16	62 099 136	19,899 7	7,343 4	1 244,07	12 31 63,28	396
397	2,518 89	15 76 09	62 570 773	19,924 9	7,349 6	1 247,21	12 37 86 10	397
398	2,512 56	15 84 04	63 044 792	19,949 9	7,355 8	1 250,35	12 44 10,23	398
399	2,506 27	15 92 01	63 521 199	19,975 0	7,361 9	1 253,50	12 50 36,46	399
400	2,500 00	16 00 00	64 000 000	20,000 0	7,368 1	1 256,64	12 56 63,71	400
401	2,493 77	16 08 01	64 481 201	20,025 0	7,374 2	1 259,78	12 62 93,10	401
402	2,487 56	16 16 04	64 964 808	20,049 9	7,380 3	1 262 92	12 69 23,49	402
403	2,481 39	16 24 09	65 450 827	20,074 9	7,386 4	1 266,06	12 75 56,02	403
404	2,475 25	16 32 16	65 939 264	20,099 8	7,392 5	1 269,20	12 81 89,84	404
405	2,469 14	16 40 25	66 430 125	20,124 6	7,398 6	1 272,35	12 88 24,93	405

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants-wortel	Derdemachts-wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*	van het getal *n*	van het getal *n*	van het getal *n*	voor den diam. *n*	voor den diam. *n*	
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← ½v	← ⅓v	← v	← 2v	← v
406	2,463 05	16 48 36	66 923 416	20,149 4	7,404 7	1 275,49	12 94 62,19	406
407	2,457 00	16 56 49	67 419 143	20,174 2	7,410 8	1 278,63	13 01 00,42	407
408	2,450 98	16 64 64	67 917 312	20,199 0	7,416 9	1 281,77	13 07 40,82	408
409	2,444 99	16 72 81	68 417 929	20,223 7	7,422 9	1 284,91	13 13 82,49	409
410	2,439 02	16 81 00	68 921 000	20,248 5	7,429 0	1 288,05	13 20 25,43	410
411	2,433 09	16 89 21	69 426 531	20,273 1	7,435 0	1 291,19	13 26 70,25	411
412	2,427 18	16 97 44	69 934 528	20,297 8	7,441 0	1 294,34	13 33 16,93	412
413	2,421 31	17 05 69	70 444 997	20,322 4	7,447 0	1 297,48	13 39 64,89	413
414	2,415 46	17 13 96	70 957 944	20,347 0	7,453 0	1 300,62	13 46 14,41	414
415	2,409 64	17 22 25	71 473 375	20,371 5	7,459 0	1 303,76	13 52 65,20	415
416	2,403 85	17 30 56	71 991 296	20,396 1	7,465 0	1 306,91	13 59 18,18	416
417	2,398 08	17 38 89	72 511 713	20,420 6	7,471 0	1 310,05	13 65 72,42	417
418	2,392 34	17 47 24	73 034 632	20,445 0	7,477 0	1 313,19	13 72 28,22	418
419	2,386 63	17 55 61	73 560 059	20,469 5	7,482 9	1 316,33	13 78 85,25	419
420	2,380 95	17 64 00	74 088 000	20,493 9	7,488 9	1 319,47	13 85 44,24	420
421	2,375 30	17 72 41	74 618 461	20,518 3	7,494 8	1 322,61	13 92 05,08	421
422	2,369 67	17 80 84	75 151 448	20,542 6	7,500 7	1 325,75	13 98 67,17	422
423	2,364 07	17 89 29	75 686 967	20,567 0	7,506 7	1 328,89	14 05 30,83	423
424	2,358 49	17 97 76	76 225 024	20,591 3	7,512 6	1 332,04	14 11 96,07	424
425	2,352 94	18 06 25	76 765 625	20,615 5	7,518 5	1 335,18	14 18 62,54	425
426	2,347 42	18 14 76	77 308 776	20,639 8	7,524 4	1 338,32	14 25 30,92	426
427	2,341 92	18 23 29	77 854 483	20,664 0	7,530 2	1 341,46	14 32 01,19	427
428	2,336 45	18 31 84	78 402 752	20,688 2	7,536 1	1 344 60	14 38 72,43	428
429	2,331 00	18 40 41	78 953 589	20,712 3	7,542 0	1 347,74	14 45 45,47	429
430	2,325 58	18 49 00	79 507 000	20,737 4	7,547 8	1 350,89	14 52 20,12	430
431	2,320 19	18 57 61	80 062 991	20,760 5	7,553 7	1 354,03	14 58 96,37	431
432	2,314 87	18 66 24	80 621 568	20,784 6	7,559 5	1 357,17	14 65 74,48	432
433	2,309 47	18 74 89	81 182 737	20,808 7	7,565 4	1 360,31	14 72 53,85	433
434	2,304 15	18 83 56	81 746 504	20,832 7	7,571 2	1 363,45	14 79 34,44	434
435	2,298 85	18 92 25	82 312 875	20,856 7	7,577 0	1 366,59	14 86 16,97	435
436	2,293 58	19 00 96	82 881 856	20,880 6	7,582 8	1 369,73	14 93 01,39	436
437	2,288 33	19 09 69	83 453 453	20,905 5	7,588 6	1 372,88	14 99 87,04	437
438	2,283 11	19 18 44	84 027 672	20,928 4	7,594 4	1 376,02	15 06 74,27	438
439	2,277 90	19 27 21	84 604 519	20,952 3	7,600 1	1 379,16	15 13 62,87	439
440	2,272 73	19-36 00	85 184 000	20,976 2	7,605 9	1 382,30	15 20 53,08	440
441	2,267 57	19 44 81	85 766 121	21,000 0	7,611 7	1 385,44	15 27 45,37	441
442	2,262 44	19 53 64	86 350 888	21,023 8	7,617 4	1 388,58	15 34 38,88	442
443	2,257 34	19 62 49	86 938 307	21,047 6	7,623 2	1 391,73	15 41 33,96	443
444	2,252 25	19 71 36	87 528 384	21,071 3	7,628 9	1 394,87	15 48 30,29	444
445	2,247 19	19 80 25	88 121 125	21,095 0	7,634 6	1 398,01	15 55 28,47	445
446	2,242 15	19 89 16	88 716 536	21,118 7	7,640 3	1 401,15	15 62 28,33	446
447	2,237 14	19 98 09	89 314 623	21,142 4	7,646 0	1 404,29	15 69 29,98	447
448	2,232 14	20 07 04	89 915 392	21,166 0	7,651 7	1 407,43	15 76 32,92	448
449	2,227 17	20 16 01	90 518 849	21,189 6	7,657 4	1 410,58	15 83 37,42	449
450	2,222 22	20 25 00	91 125 000	21,213 2	7,663 1	1 413,72	15 90 43,13	450

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derde machts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\,\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←$^1/_2$v	←$^1/_3$v	←v	←2v	←v
451	2,217 29	20 34 01	91 733,851	21,236 8	7,668 8	1 416,86	15 97 51,14	451
452	2,212 39	20 43 04	92 345 408	21,260 3	7,674 4	1 420,00	16 04 60,36	452
453	2,207 51	20 52 09	92 959 677	21,283 8	7,680 1	1 423,14	16 11 71,14	453
454	2,202 64	20 61 16	93 576 664	21,307 3	7,685 7	1 426,28	16 18 83,13	454
455	2,197 80	20 70 25	94 196 375	21,330 7	7,691 4	1 429,42	16 25 97,05	455
456	2,192 98	20 79 36	94 818 816	21,354 2	7,697 0	1 432,57	16 33 12,93	456
457	2,188 18	20 88 49	95 443 993	21,377 6	7,702 6	1 435,71	16 40 30,20	457
458	2,183 41	20 97 64	96 071 912	21,400 9	7,708 2	1 438,85	16 47 48,26	458
459	2,178 65	21 06 81	96 702 579	21,424 3	7,713 8	1 441,99	16 54 68,47	459
460	2,173 91	21 16 00	97 336 000	21,447 6	7,719 4	1 445,13	16 61 90,25	460
461	2,169 20	21 25 21	97 972 181	21,470 9	7,725 0	1 448,27	16 69 13,99	461
462	2,164 50	21 34 44	98 611 128	21,494 2	7,730 6	1 451,42	16 76 38,91	462
463	2,159 83	21 43 69	99 252 847	21,517 4	7,736 2	1 454,56	16 83 65,41	463
464	2,155 17	21 52 96	99 897 344	21,540 7	7,741 8	1 457,70	16 90 93,47	464
465	2,150 54	21 62 25	100 544 625	21,563 9	7,747 3	1 460,84	16 98 22,72	465
466	2,145 92	21 71 56	101 194 696	21,587 0	7,752 9	1 463,98	17 05 54,32	466
467	2,141 33	21 80 89	101 847 563	21,610 2	7,758 4	1 467,12	17 12 87,10	467
468	2,136 75	21 90 24	102 503 232	21,633 3	7,763 9	1 470,27	17 20 21,44	468
469	2,132 20	21 99 61	103 161 709	21,656 4	7,769 5	1 473,41	17 27 57 36	469
470	2,127 66	22 09 00	103 823 000	21,679 5	7,775 0	1 476,55	17 34 94,45	470
471	2,123 14	22 18 41	104 487 111	21,702 5	7,780 5	1 479,69	17 42 33,32	471
472	2,118 64	22 27 84	105 154 048	21,725 6	7,786 0	1 482,83	17 49 74,12	472
473	2,114 16	22 37 29	105 823 817	21,748 6	7,791 5	1 485,97	17 57 16,33	473
474	2,109 70	22 46 76	106 496 424	21,771 5	7,797 0	1 489,12	17 64 60,45	474
475	2,105 26	22 56 25	107 171 875	21,794 5	7,802 5	1 492,26	17 72 05,46	475
476	2,100 84	22 65 76	107 850 176	21,817 4	7,807 9	1 495,40	17 79 52,41	476
477	2,096 44	22 75 29	108 531 333	21,840 3	7,813 4	1 498,54	17 87 01,27	477
478	2,092 05	22 84 84	109 215 352	21,863 2	7,818 8	1 501,68	17 94 51,33	478
479	2,087 68	22 94 41	109 902 239	21,886 1	7,824 3	1 504,82	18 02 02,96	479
480	2,083 33	23 04 00	110 592 000	21,908 9	7,829 7	1 507,96	18 09 55,74	480
481	2,079 00	23 13 61	111 284 641	21,931 7	7,835 2	1 511,11	18 17 10,92	481
482	2,074 69	23 23 24	111 980 168	21,954 5	7,840 6	1 514,25	18 24 67,26	482
483	2,070 39	23 32 89	112 678 587	21,977 3	7,846 0	1 517,39	18 32 25,18	483
484	2,066 12	23 42 56	113 379 904	22,000 0	7,851 4	1 520,53	18 39 84,30	484
485	2,061 86	23 52 25	114 084 125	22,022 7	7,856 8	1 523,67	18 47 45,28	485
486	2,057 61	23 61 96	114 791 256	22,045 4	7,862 2	1 526,81	18 55 08,33	486
487	2,053 39	23 71 69	115 501 303	22,068 1	7,867 6	1 529,96	18 62 72,10	487
488	2,049 18	23 81 44	116 214 272	22,090 7	7,873 0	1 533,10	18 70 38,29	488
489	2,044 99	23 91 21	116 930 169	22,113 3	7,878 4	1 536,24	18 78 05,22	489
490	2,040 82	24 01 00	117 649 000	22,135 9	7,883 7	1 539,38	18 85 74,10	490
491	2,036 66	24 10 81	118 370 771	22,158 5	7,889 1	1 542,52	18 93 45,01	491
492	2,032 52	24 20 64	119 095 488	22,181 1	7,894 4	1 545,66	19 01 17,06	492
493	2,028 40	24 30 49	119 823 157	22,203 6	7,899 8	1 548,81	19 08 90,22	493
494	2,024 29	24 40 36	120 553 784	22,226 1	7,905 1	1 551,95	19 16 65,30	494
495	2,020 20	24 50 25	121 287 375	22,248 6	7,910 5	1 555,09	19 24 42,18	495

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\,\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←$^1/_2$v	←$^1/_3$v	←v	←2v	←v
496	2,016 13	24 60 16	122 023 936	22,271 1	7,915 8	1 558,23	19 32 20,96	496
497	2,012 07	24 70 09	122 763 473	22,293 5	7,921 1	1 561,37	19 40 00,45	497
498	2,008 03	24 80 04	123 505 992	22,315 9	7,926 4	1 564,51	19 47 82,34	498
499	2,004 01	24 90 01	124 251 499	22,338 3	7,931 7	1 567,65	19 55 65,38	499
500	2,000 00	25 00 00	125 000 000	22,360 7	7,937 0	1 570,89	19 63 49,54	500
501	1,9 96	25 10 01	125 751 501	22,383 0	7,942 3	1 573,94	19 71 36,18	501
502	1,9 92	25 20 04	126 506 008	22,405 4	7,947 6	1 577,08	19 79 23,45	502
503	1,9 88	25 30 09	127 263 527	22,427 7	7,952 8	1 580,22	19 87 13,26	503
504	1,9 84	25 40 16	128 024 064	22,449 9	7,958 1	1 583,36	19 95 04,16	504
505	1,9 80	25 50 25	128 787 625	22,472 2	7,963 4	1 586,50	20 02 96,17	505
506	1,9 76	25 60 36	129 554 216	22,494 4	7,968 6	1 589,65	20 10 90,18	506
507	1,9 72	25 70 49	130 323 843	22,516 7	7,973 9	1 592,79	20 18 86,28	507
508	1,9 69	25 80 64	131 096 512	22,538 9	7,979 1	1 595,93	20 26 83,46	508
509	1,9 65	25 90 81	131 872 229	22,561 0	7,984 3	1 599,07	20 34 81,70	509
510	1,9 61	26 01 00	132 651 000	22,583 2	7,989 6	1 602,21	20 42 82,26	510
511	1,9 57	26 11 21	133 432 831	22,605 3	7,994 8	1 605 35	20 50 84,43	511
512	1,9 53	26 21 44	134 217 728	22,627 4	8,000 0	1 608,50	20 58 87,43	512
513	1,9 49	26 31 96	135 005 697	22,649 5	8,005 2	1 611,64	20 66 92,48	513
514	1,9 46	26 41 96	135 796 744	22,671 6	8,010 4	1 614,78	20 74 99,05	514
515	1,9 42	26 52 25	136 590 875	22,693 6	8,015 6	1 617,92	20 83 07,23	515
516	1,9 38	26 62 56	137 388 096	22,715 6	8,020 8	1 621,06	20 91 17,46	516
517	1,9 34	26 72 89	138 188 413	22,737 6	8,026 0	1 624,20	20 99 28,24	517
518	1,9 31	26 83 24	138 991 832	22,759 6	8,031 1	1 627,35	21 07 41,19	518
519	1,9 27	26 93 61	139 798 359	22,781 6	8,036 3	1 630,49	21 15 56,12	519
520	1,9 23	27 04 00	140 608 000	22,803 5	8,041 5	1 633,63	21 23 71,66	520
521	1,9 19	27 14 41	141 420 761	22,825 4	8,046 6	1 636,77	21 31 89,20	521
522	1,9 16	27 24 84	142 236 648	22,847 3	8,051 7	1 639,91	21 40 08,44	522
523	1,9 12	27 35 29	143 055 667	22,869 2	8,056 9	1 643,05	21 48 29,20	523
524	1,9 08	27 45 76	143 877 824	22,891 0	8,062 0	1 646,20	21 56 51,40	524
525	1,9 05	27 56 25	144 703 125	22,912 9	8,067 1	2 649,34	21 64 75,37	525
526	1,9 01	27 66 76	145 531 576	22,934 7	8,072 3	1 652,48	21 73 01,33	526
527	1,8 98	27 77 29	146 363 183	22,956 5	8,077 4	1 655,62	21 81 28,35	527
528	1,8 94	27 87 84	147 197 952	22,978 3	8,082 5	1 658,76	21 89 56,45	528
529	1,8 90	27 98 41	148 035 889	23,000 0	8,087 6	1 661,90	21 97 87,12	529
530	1,8 87	28 09 00	148 877 000	23,021 7	8,092 7	1 665,04	22 06 18,34	530
531	1.8 83	28 19 61	149 721 291	23,043 4	8,097 8	1 668,19	22 14 52,16	531
532	1,8 80	28 30 24	150 568 768	23,065 1	8,102 8	1 671,33	22 22 87,04	532
533	1,8 76	28 40 89	151 419 437	23,086 8	8,107 9	1 674,47	22 31 22,98	533
534	1,8 73	28 51 56	152 273 304	23,108 4	8,113 0	1 677,61	22 39 61,00	534
535	1,8 70	28 62 25	153 130 375	23,130 1	8,118 0	1 680,75	22 48 00,59	535
536	1,8 66	28 72 96	153 990 656	23,151 7	8,123 1	1 683,89	22 56 42,27	536
537	1,8 62	28 83 69	154 854 153	23,173 3	8,128 1	1 687,04	22 64 84,01	537
538	1,8 59	28 94 44	155 720 872	23,194 8	8,133 2	1 690,18	22 73 29,31	538
539	1,8 55	29 05 21	156 590 819	23,216 4	8,138 2	1 693,32	22 81 75,19	539
540	1,8 52	29 16 00	157 464 000	23,237 9	8,143 3	1 696,46	22 90 22,10	540

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat (van het getal *n*)	Kubiek (van het getal *n*)	Vierkantswortel (van het getal *n*)	Derde machtswortel (van het getal *n*)	Cirkel- omtrek (voor den diam. *n*)	Cirkel- inhoud (voor den diam. *n*)	Getal of diameter
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\,\pi\,n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$ v	$^1/_3$ ← v	← v	← 2v	← v
541	1,8 48	29 26 81	158 340 421	23,259 4	8,148 3	1 699,60	22 98 71,16	541
542	1,8 45	29 37 64	159 220 088	23,280 9	8,153 3	1 702,74	23 07 22,24	542
543	1,8 42	29 48 49	160 103 007	23,302 4	8,158 3	1 705,88	23 15 74,40	543
544	1,8 38	29 59 36	160 989 184	23,323 8	8,163 3	1 709,03	23 24 28,13	544
545	1,8 35	29 70 25	161 878 625	23,345 2	8,168 3	1 712,17	23 32 82,89	545
546	1,8 32	29 81 16	162 771 336	23,366 6	8,173 3	1 715,31	23 41 40,30	546
547	1,8 28	29 92 09	163 667 323	23,388 0	8,178 3	1 718,45	23 49 98,16	547
548	1,8 25	30 03 04	164 566 592	23,409 4	8,183 3	1 721,59	23 58 58,27	548
549	1,8 21	30 14 01	165 469 149	23,430 7	8,188 2	1 724,73	23 67 20,34	549
550	1,8 18	30 25 00	166 375 000	23,452 1	8,193 2	1 727,88	23 75 82,94	550
551	1,8 15	30 36 01	167 284 151	23,473 4	8,198 2	1 731,02	23 84 48,22	551
552	1,8 12	30 47 04	168 196 608	23,494 7	8,203 1	1 734,16	23 93 13,96	552
553	1,8 08	30 58 09	169 112 377	23,516 0	8,208 1	1 737,30	24 01 82,38	553
554	1,8 05	30 69 16	170 031 464	23,537 2	8,213 0	1 740,44	24 10 51,33	554
555	1,8 02	30 80 25	170 953 875	23,558 4	8,218 0	1 743,58	24 19 22,27	555
556	1,7 99	30 91 36	171 879 616	23,579 7	8,222 9	1 746,73	24 27 95,41	556
557	1,7 95	31 02 49	172 808 693	23,600 8	8,227,8	1 749,87	24 36 69,00	557
558	1,7 92	31 13 64	173 741 112	23,622 0	8,232 7	1 753,01	24 45 45,28	558
559	1,7 89	31 24 81	174 676 879	23,643 2	8,237 7	1 756,15	24 54 22,00	559
560	1,7 86	31 36 00	175 616 000	23,664 3	8,242 6	1 759,29	24 63 00,86	560
561	1,7 83	31 47 21	176 558 481	23,685 4	8,247 5	1 762,43	24 71 81,29	561
562	1,7 79	31 58 44	177 504 328	13,706 5	8,252 4	1 765,58	24 80 63,28	562
563	1,7 76	31 69 69	178 453 547	23,727 6	8,257 3	1 768,72	24 89 47,45	563
564	1,7 73	31 80 96	179 406 144	23,748 7	8,262 1	1 771,96	24 98 32,00	564
565	1,7 70	31 92 25	180 362 125	23,769 7	8,267 0	1 775,00	25 07 18,73	565
566	1,7 67	32 03 56	181 321 496	23,790 8	8,271 9	1 778,14	25 16 07,01	566
567	1,7 64	32 14 89	182 284 263	23,811 8	8,276 8	1 781,28	25 24 97,36	567
568	1,7 61	32 26 24	183 250 432	23,832 8	8,281 6	1 784,42	25 33 88,23	568
569	1,7 57	32 37 61	184 220 009	23,853 7	8,286 5	1 787,57	25 42 81,35	569
570	1,7 54	32 49 00	185 193 000	23,874 7	8,291 3	1 790,71	25 51 75,86	570
571	1,7 51	32 60 41	186 169 411	23,895 6	8,296 2	1 793,85	25 60 72,00	571
572	1,7 48	32 71 84	187 149 248	23,916 5	8,301 0	1 796,99	25 69 70,31	572
573	1,7 45	32 83 29	188 132 517	23,937 4	8,305 9	1 800,13	25 78 69,00	573
574	1,7 42	32 94 76	189 119 224	23,958 3	8,310 7	1 803,27	25 87 70,45	574
575	1,7 39	33 06 25	190 109 375	23,979 2	8,315 5	1 806,42	25 96 72,27	575
576	1,7 36	33 17 76	191 102 976	24,000 0	8,320 3	1 809,56	26 05 76,30	576
577	1,7 33	33 29 29	192 100 033	24,020 8	8,325 1	1 812,70	26 14 82,43	577
578	1,7 30	33 40 84	193 100 552	24,041 6	8,330 0	1 815,84	26 23 88,96	578
579	1,7 27	33 52 41	194 104 539	24,062 4	8,344 8	1 818,98	26 32 98,28	579
580	1,7 24	33 64 00	195 112 000	24,083 2	8,339 6	1 822,12	26 42 07,94	580
581	1,7 21	33 75 61	196 122 941	24,103 9	8,344 3	1 825,27	26 51 20,46	581
582	1,7 18	33 87 24	197 137 368	24,124 7	8,349 1	1 828,41	26 60 33,24	582
583	1,7 15	33 98 89	198 155 287	24,145 4	8,353 9	1 831,55	26 69 48,24	583
584	1,7 12	34 10 56	199 176 704	24,166 1	8,358 7	1 834,69	26 78 65,38	584
585	1,7 09	34 22 25	200 201 625	24,186 8	8,363 4	1 837,83	26 87 82,89	585

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $\frac{1}{2}$ v	$\frac{1}{3}$ ← v	← v	← 2v	← v
586	1,7 06	34 33 96	201 230 056	24,207 4	8,368 2	1 840,97	26 97 02,59	586
587	1,7 04	34 45 69	202 262 003	24,228 1	8,373 0	1 844,11	27 06 24,49	587
588	1,7 01	34 57 44	203 297 472	24,248 7	8,377 7	1 847,26	27 15 47,33	588
589	1,6 98	34 69 21	204 336 469	24,269 3	8,382 5	1 850,40	27 24 71,12	589
590	1,6 95	34 81 00	205 379 000	24,289 9	8,387 2	1 853,54	27 33 97,10	590
591	1,6 92	34 92 81	206 425 071	24,310 5	8,391 9	1 856,68	27 43 25,29	591
592	1,6 89	35 04 64	207 474 688	24,331 1	8,396 7	1 859,82	27 52 54,42	592
593	1,6 86	35 16 49	208 527 857	24,351 6	8,401 4	1 862,96	27 61 84,48	593
594	1,6 84	35 28 36	209 584 584	24,372 1	8,406 1	1 866,11	27 71 17,39	594
595	1,6 81	35 40 25	210 644 875	24,392 6	8,410 8	1 869,25	27 80 50,58	595
596	1,6 78	35 52 16	211 708 736	24,413 1	8,415 5	1 872,39	27 89 86,06	596
597	1,6 75	35 64 09	212 776 173	24,433 6	8,420 2	1 875,53	27 99 22,96	597
598	1,6 72	35 76 04	213 847 192	24,454 0	8,424 9	1 878,67	28 08 62,18	598
599	1,6 69	35 88 01	214 921 799	24,474 5	8,429 6	1 881,81	28 18 02,30	599
600	1,6 67	36 00 00	216 000 000	24,494 9	8,434 3	1 884,96	28 27 43,34	600
601	1,6 64	36 12 01	217 081 801	24,515 3	8,439 0	1 888,10	28 36 87,26	601
602	1,6 61	36 24 04	218 167 208	24,535 7	8,443 7	1 891,24	28 46 31,45	602
603	1,6 58	36 36 09	219 256 227	24,556 1	8,448 4	1 894,38	28 55 77,84	603
604	1,6 56	36 48 16	220 348 864	24,576 4	8,453 0	1 897,52	28 65 26,48	604
605	1,6 53	36 60 25	221 445 125	24,596 7	8,457 7	1 900,66	28 74 75,36	605
606	1,6 50	36 72 36	222 545 016	24,617 1	8,462 3	1 903,81	28 84 26,15	606
607	1,6 47	36 84 49	223 648 543	24,637 4	8,467 0	1 906,95	28 93 79,20	607
608	1,6 45	36 96 64	224 755 712	24,657 7	8,471 6	1 910,09	29 03 33,46	608
609	1,6 42	37 08 81	225 866 529	24,677 9	8,476 3	1 913,23	29 12 89,26	609
610	1,6 39	37 21 00	226 981 000	24,698 2	8,480 9	1 916,37	29 22 46,66	610
611	1,6 37	37 33 21	228 099 131	24,718 4	8,485 6	1 919,51	29 32 06,31	611
612	1,6 34	37 45 44	229 220 928	24,738 6	8,490 2	1 922,65	29 41 66,13	612
613	1,6 31	37 57 69	230 346 397	24,758 8	8,494 8	1 925,80	29 51 28,34	613
614	1,6 29	37 69 96	231 475 544	24,779 0	8,499 4	1 928,94	29 60 92,06	614
615	1,6 26	37 82 25	232 608 375	24,799 2	8,504 0	1 932,08	29 70 57,22	615
616	1,6 23	37 94 56	233 744 896	24,819 3	8,508 6	1 935,22	29 80 24,06	616
617	1,6 21	38 06 89	234 885 113	24,839 5	8,513 2	1 938,36	29 89 92,48	617
618	1,6 18	38 19 24	236 029 032	24,859 6	8,517 8	1 941,50	29 99 62,48	618
619	1,6 16	38 31 61	237 176 659	24,879 7	8,522 4	1 944,65	30 09 33,82	619
620	1,6 13	38 44 00	238 328 000	24,899 8	8,527 0	1 947,79	30 19 07,05	620
621	1,6 10	38 56 41	239 483 061	24,919 9	8,531 6	1 950,93	30 28 82,44	621
622	1,6 08	38 68 84	240 641 848	24,939 9	8,536 2	1 954,07	30 38 58,07	622
623	1,6 05	38 81 29	241 804 367	24,960 0	8,540 8	1 957,21	30 48 35,80	623
624	1,6 03	38 93 76	242 970 624	24,980 0	8,545 3	1 960,35	30 58 15,21	624
625	1,6 00	39 06 25	244 140 625	25,000 0	8,549 9	1 963,50	30 67 96,16	625
626	1,5 97	39 18 76	245 314 376	25,020 0	8,554 4	1 966,64	30 77 79,41	626
627	1,5 95	39 31 29	246 491 883	25,040 0	8,559 0	1 969,78	30 87 63,41	627
628	1,5 92	39 43 84	247 673 152	25,059 9	8,563 5	1 972,92	30 97 48,42	628
629	1,5 90	39 56 41	248 858 189	25,079 9	8,568 1	1 976,06	31 07 36,44	629
630	1,5 87	39 69 00	250 047 000	25,099 8	8,572 6	1 979,20	31 17 24,53	630

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4\,\pi\,n^2$	n
←v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$ v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	←v
631	1,5 85	39 81 61	251 239 591	25,119 7	8,577 2	1 982,35	31 27 14,92	631
632	1,5 82	39 94 24	252 435 968	25,139 6	8,581 7	1 985,49	31 37 06,94	632
633	1,5 80	40 06 09	253 636 137	25,159 5	8,586 2	1 988,63	31 47 00,43	633
634	1,5 77	40 19 56	254 840 104	25,179 4	8,590 7	1 991,77	31 56 95,50	634
635	1,5 75	40 32 25	256 047 875	25,199 2	8,595 2	1 994,91	31 66 92,17	635
636	1,5 72	40 44 96	257 259 456	25,219 0	8,599 7	1 998,05	31 76 90,43	636
637	1,5 70	40 57 69	258 474 853	25,238 9	8,604 3	2 001,19	31 86 90,22	637
638	1,5 67	40 70 44	259 694 072	25,258 7	8,608 8	2 004,34	31 96 92,35	638
639	1,5 65	40 83 21	260 917 119	25,278 4	8,613 2	2 007,48	32 06 95,31	639
340	1,5 63	40 96 00	262 114 000	25,298 2	8,617 7	2 010,62	32 16 99,09	640
641	1,5 60	41 08 81	263 374 721	25,318 0	8,622 2	2 013,76	31 27 05,07	641
642	1,5 58	41 21 64	264 609 288	25,337 7	8,626 7	2 016,90	32 37 12,82	642
643	1,5 55	41 34 49	265 847 707	25,357 4	8,631 2	2 020,04	32 47 22,15	643
644	1,5 53	41 47 36	267 089 984	25,377 2	8,635 7	2 023,19	32 57 32,90	644
645	1,5 50	41 60 25	268 336 125	25,396 9	8,640 1	2 026,33	32 67 45,27	645
646	1,5 48	41 73 16	269 586 136	25,416 5	8,644 6	2 029,47	32 77 59,15	646
647	1,5 46	41 86 09	270 840 023	25,436 2	8,649 0	2 032,61	32 87 74,74	647
648	1,5 43	41 99 04	272 097 792	25,455 8	8,653 5	2 035,75	32 97 91,83	648
649	1,5 41	42 12 01	273 359 449	25,475 5	8,657 9	2 038,89	33 08 10,49	649
650	1,5 38	42 25 00	274 625 000	25,495 1	8,662 4	2 042,04	33 18 30,72	650
651	1,5 36	42 38 01	275 894 451	25,514 7	8,666 8	2 045,18	33 28 53,40	651
652	1,5 34	42 51 04	277 167 808	25,534 3	8,671 3	2 048,32	33 38 75,92	652
653	1,5 31	42 64 09	278 445 077	25,553 9	8,675 7	2 051,46	33 49 00,92	653
654	1,5 29	42 77 16	279 726 264	25,573 4	8,680 1	2 054,60	33 59 27,30	654
655	1,5 27	42 90 25	281 011 375	25,593 0	8,684 5	2 057,74	33 69 55,48	655
656	1,5 24	43 03 36	282 300 416	25,612 5	8,689 0	2 060,88	33 79 85,15	656
657	1,5 22	43 16 49	283 593 393	25,632 0	8,693 4	2 064,03	33 90 16,39	657
658	1,5 20	43 29 64	284 890 312	25,651 5	8,697 8	2 067,17	34 00 49,15	658
659	1,5 17	43 42 81	286 191 179	25,671 0	8,702 2	2 070,31	34 10 83,43	659
660	1,5 15	43 56 00	287 496 000	25,690 5	8,706 6	2 073,45	34 21 19,44	660
661	1,5 13	43 69 21	288 804 781	25,709 9	8,711 0	2 076,59	34 31 57,00	661
662	1,5 11	43 82 44	290 117 528	25,729 4	8,715 4	2 079,73	34 41 96,03	662
663	1,5 08	43 95 69	291 434 247	25,748 8	8,719 8	2 082,88	34 52 36,69	663
664	1,5 06	44 08 96	292 754 944	25,768 2	8,724 1	2 086,02	34 62 78,96	664
665	1,5 04	44 22 25	294 079 625	25,787 6	8,728 5	2 089,16	34 73 22,70	665
666	1,5 02	44 35 56	295 408 296	25,807 0	8,732 9	2 092,30	34 83 68,00	666
667	1,4 99	44 48 89	296 740 963	25,826 3	8,737 3	2 095,44	34 94 15,00	667
668	1,4 97	44 62 24	298 077 632	25,845 7	8,741 6	2 098,58	35 04 64,32	668
669	1,4 95	44 75 61	299 418 309	25,865 0	8,746 0	2 101,73	35 15 14,30	669
670	1,4 93	44 89 00	300 763 000	25,884 4	8,750 3	2 104,87	35 25 65,24	670
671	1,4 90	45 02 41	302 111 711	25,903 7	8,754 7	2 108,01	35 36 18,48	671
672	1,4 88	45 15 84	303 464 448	25,923 0	8,759 0	2 111,15	35 46 73,24	672
673	1,4 86	45 29 29	304 821 217	25,942 2	8,763 4	2 114,29	35 57 30,43	673
674	1,4 84	45 42 76	306 182 024	25,961 5	8,767 7	2 117,43	35 67 88,37	674
675	1,4 81	45 56 25	307 546 875	25,980 8	8,772 1	2 120,58	35 78 47,04	675

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants-wortel	Derdemachts-wortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←½v	←⅓v	←v	←2v	←v
676	1,4 79	45 69 76	308 915 776	26,000 0	8,776 4	2 123,72	35 89 08,08	676
677	1,4 77	45 83 29	310 288 733	26,019 2	8,780 7	2 126,86	35 99 70,83	677
678	1,4 75	45 96 84	311 665 752	26,038 4	8,785 0	2 130,00	36 10 35,00	678
679	1,4 73	46 10 41	313 046 839	26,057 6	8,789 3	2 133,14	36 21 00,83	679
680	1,4 71	46 24 00	314 432 000	26,076 8	8,793 7	2 136,28	36 31 68,11	680
681	1,4 68	46 37 61	315 821 241	26,096 0	8,798 0	2 139,42	36 42 37,08	681
682	1,4 66	46 51 24	317 214 568	26,115 1	8,802 3	2 142,57	36 53 08,38	682
683	1,4 64	46 64 89	318 611 987	26,134 3	8,806 6	2 145,71	36 36 80,40	683
684	1,4 62	46 78 56	320 013 504	26,153 4	8,810 9	2 148,85	36 74 53,25	684
685	1,4 60	46 92 25	321 419 125	26,172 5	8,815 2	2 151,99	36 85 28,45	685
686	1,4 58	47 05 96	322 828 856	26,191 6	8,819 4	2 155,13	36 96 05,23	686
687	1,4 56	47 19 69	324 242 703	26,210 7	8,823 7	2 158,27	37 06 83,59	687
688	1,4 53	47 33 44	325 660 672	26,229 8	8,828 0	2 161,42	37 17 64,37	688
689	1,4 51	47 47 21	327 082 769	26,248 8	8,832 3	2 164,56	37 28 44,94	689
690	1,4 49	47 61 00	328 509 000	26,267 9	8,836 6	2 167,70	37 39 28,07	690
691	1,4 47	47 74 81	329 939 371	26,286 9	8,840 8	2 170,84	37 50 12,70	691
692	1,4 45	47 88 64	331 373 888	26,305 9	8,845 1	2 173,98	37 60 98,86	692
693	1,4 43	48 02 49	332 812 557	26,324 9	8,849 3	2 177,12	37 71 86,68	693
694	1,4 41	48 16 36	334 255 384	26,343 9	8,853 6	2 180,27	37 82 76,03	694
695	1,4 39	48 30 25	335 702 375	26,362 9	8,857 8	2 183,41	37 93 66,95	695
696	1,4 37	48 44 16	337 153 536	26,381 8	8,862 1	2 186,55	38 04 59,44	696
697	1,4 35	48 58 09	338 608 873	26,400 8	8,866 3	2 189,69	38 15 53,50	697
698	1,4 33	48 72 04	340 068 392	26,419 7	8,870 6	2 192,83	38 26 49,00	698
699	1,4 31	48 86 01	341 532 099	26,438 6	8,874 8	2 195,97	38 37 46,35	699
700	1,4 29	49 00 00	343 000 000	26,457 5	8,879 0	2 199,11	38 48 45,10	700
701	1,4 27	49 14 01	344 472 101	26,476 4	8,883 3	2 202,26	38 59 45,35	701
702	1,4 25	49 28 04	345 948 408	26,495 3	8,887 5	2 205,40	38 70 47,35	702
703	1,4 22	49 42 09	347 428 927	26,514 1	8,891 7	2 208,54	38 81 50,84	703
704	1,4 20	49 56 16	348 913 664	26,533 0	8,895 9	2 211,68	38 92 55,90	704
705	1,4 18	49 70 25	350 402 625	26,551 8	8,900 1	2 214,82	39 03 62,52	705
706	1,4 16	49 84 36	351 895 816	26,570 7	8,904 3	2 217,96	39 14 70,72	706
707	1,4 14	49 98 49	353 393 243	26,589 5	8,908 5	2 221,11	29 25 80,45	707
708	1,4 12	50 12 64	354 894 912	26,608 3	8,912 7	2 224,25	39 36 91,82	708
709	1,4 10	50 26 81	356 400 829	26,627 1	8,916 9	2 227,39	39 48 04,73	709
710	1,4 08	50 41 00	357 911 000	26,645 8	8,921 1	2 230,53	39 59 19,21	710
711	1,4 06	50 55 21	359 425 431	26,664 6	8,925 3	2 233,67	39 70 35,27	711
712	1,4 04	50 69 44	360 944 128	26,683 3	8,929 5	2 236,81	39 81 52,91	712
713	1,4 03	50 83 69	362 467 097	26,702 1	8,933 7	2 239,96	39 92 72,00	713
714	1,4 01	50 97 96	363 994 344	26,720 8	8,937 8	2 243,10	40 03 92,84	714
715	1,3 99	51 12 25	365 525 875	26,739 5	8,942 0	2 246,24	40 15 15,18	715
716	1,3 97	51 26 56	367 061 696	26,758 2	8,946 2	2 249,38	40 26 39,09	716
717	1,3 95	51 40 89	368 601 813	26,776 9	8,950 3	2 252,52	40 37 64,56	717
718	1,3 93	51 55 24	370 146 232	26,795 5	8,954 5	2 255,66	40 48 91,60	718
719	1,3 91	51 69 61	371 694 959	26,814 2	8,958 7	2 258,81	40 60 20,28	719
720	1,3 89	51 84 00	373 248 000	26,832 8	8,962 8	2 261,65	40 71 50,41	720

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4 \pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	← v
721	1,3 87	51 98 41	374 805 361	26,851 4	8,967 0	2 265,09	40 82 82,28	721
722	1,3 85	52 12 84	376 367 048	26,870 1	8,971 1	2 268,23	40 94 15,45	722
723	1,3 83	52 27 29	377 933 067	26,888 7	8,975 2	2 271,37	41 05 50,37	723
724	1,3 81	52 41 76	379 503 424	26,907 2	8,979 4	2 274,51	41 16 86,84	724
725	1,3 79	52 56 25	381 078 125	26,925 8	8,983 5	2 277,65	41 28 24,91	725
726	1,3 77	52 70 76	382 657 176	26,944 4	8,987 6	2 280,80	41 39 65,24	726
727	1,3 76	52 85 29	384 240 583	26,962 9	8,991 8	2 283,94	41 51 06,06	727
728	1,3 74	52 99 84	385 828 352	26,981 5	8,995 9	2 287,08	41 62 48,46	728
729	1,3 72	53 14 41	387 420 489	27,000 0	9,000 0	2 290,22	41 73 92,79	729
730	1,3 70	53 29 00	389 017 000	27,018 5	9,004 1	2 293,36	41 85 38,68	730
731	1,3 68	53 43 61	390 617 891	27,037 0	9,008 2	2 296,50	41 96 86,19	731
732	1,3 66	53 58 24	392 223 168	27,055 5	9,012 3	2 299,65	42 08 35,19	732
733	1,3 64	53 72 89	393 832 837	27,074 0	9,016 4	2 302,79	42 19 85,79	733
734	1,3 62	53 87 56	395 446 904	27,092 4	9,020 5	2 305,93	42 31 37,88	734
735	1,3 61	54 02 25	397 065 375	27,110 9	9,024 6	2 309,07	42 42 92,72	735
736	1,3 59	54 16 96	398 688 256	27,129 3	9,028 7	2 312,21	42 54 47,04	736
737	1,3 57	54 31 69	400 315 553	27,147 7	9,032 8	2 315,35	42 66 03,94	737
738	1,3 55	54 46 44	401 947 272	27,166 2	9,036 9	2 318,50	42 77 62,48	738
739	1,3 53	54 61 21	403 583 419	27,184 6	9,041 0	2 321,64	42 89 22,40	739
740	1,3 51	54 76 00	405 224 000	27,202 9	9,045 0	2 324,78	43 00 84,03	740
741	1,3 50	54 90 81	406 869 021	27,221 3	9,049 1	2 327,92	43 12 47,20	741
742	1,3 48	55 05 64	408 518 488	27,239 7	9,053 2	2 331,06	43 24 12,00	742
743	1,3 46	55 20 49	410 172 407	27,258 0	9,057 2	2 334,20	43 35 78,30	743
744	1,3 44	55 35 36	411 830 784	27,276 4	9,061 3	2 337,34	43 47 46,10	744
745	1,3 42	55 50 25	413 493 625	27,294 7	9,065 4	2 340,49	43 59 15,62	745
746	1,3 40	55 65 16	415 160 936	27,313 0	9,069 4	2 343,63	43 70 86,64	746
747	1,3 39	55 80 09	416 832 723	27,331 3	9,073 5	2 346,77	43 82 59,30	747
748	1,3 37	55 95 04	418 508 992	27,349 6	9,077 5	2 349,91	43 94 33,41	748
749	1,3 35	56 10 01	420 189 749	27,367 9	9,081 6	2 353,05	44 06 09,10	749
750	1,3 33	56 25 00	421 875 000	27,386 1	9,085 6	2 356,19	44 17 86,47	750
751	1,3 32	56 40 01	423 564 751	27,404 4	9,089 6	2 359,34	44 29 65,10	751
752	1,3 30	56 65 04	425 259 008	27,422 6	9,093 7	2 362,48	44 41 45,80	752
753	1,3 28	56 70 09	426 957 777	27,440 8	9,097 7	2 365,62	44 53 27,83	753
754	1,3 26	56 85 16	428 661 064	27,459 1	9,101 7	2 368,76	44 65 11,31	754
755	1,3 25	57 00 25	430 368 875	27,477 3	9,105 7	2 371,90	44 76 96,59	755
756	1,3 23	57 15 36	432 081 216	27,495 5	9,109 8	2 375,04	44 88 83,31	756
757	1,3 21	57 30 49	433 798 093	27,513 6	9,113 8	2 378,19	45 00 71,63	757
758	1,3 19	57 45 64	435 519 512	27,531 8	9,117 8	2 381,33	45 12 61,51	758
759	1,3 18	57 60 81	437 245 479	27,550 0	9,121 8	2 384,47	45 24 53,00	759
760	1,3 16	57 76 00	438 976 000	27,568 1	9,125 8	2 387,61	45 36 45,98	760
761	1,3 14	57 91 21	440 711 081	27,586 2	9,129 8	2 390,75	45 48 40,57	761
762	1,3 12	58 06 44	442 450 728	27,604 3	9,133 8	2 393,98	45 60 36,73	762
763	1,3 11	58 21 69	444 194 947	27,622 5	9,137 8	2 397,04	45 72 34,42	763
764	1,3 09	58 36 96	445 943 744	27,640 5	9,141 8	2 400,18	45 84 33,95	764
765	1,3 07	58 52 25	447 697 125	27,658 6	9,145 8	2 403,32	45 96 34,64	765

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derdemachts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$^1/_4 \pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← $^1/_2$v	← $^1/_3$v	← v	← 2v	← v
766	1,3 05	58 67 56	449 455 096	27,676 7	9,149 8	2 406,46	46 08 37,10	766
767	1,3 04	58 82 89	451 217 663	27,694 8	9,153 7	2 409,60	46 20 41,18	767
768	1,3 02	58 98 24	452 984 832	27,712 8	9,157 7	2 412,74	46 32 46,69	768
769	1,3 00	59 13 61	454 756 609	27,730 8	9,161 7	2 415,88	46 44 53,84	769
770	1,2 99	59 29 00	456 533 000	27,748 9	9,165 7	2 419,03	46 56 62,57	770
771	1,2 97	59 44 41	458 314 011	27,766 9	9,169 6	2 422,17	46 68 72,87	771
772	1,2 95	59 59 84	460 099 648	27,784 9	9,173 6	2 425,31	46 80 84,74	772
773	1,2 94	59 75 29	461 889 917	27,802 9	9,177 5	2 428,45	46 92 98,22	773
774	1,2 92	59 90 76	463 684 824	27,280 9	9,181 5	2 431,59	47 05 13,22	774
775	1,2 90	60 06 25	465 484 375	27,838 8	9,185 5	2 434,73	47 17 29,77	775
776	1,2 89	60 21 76	467 288 576	27,856 8	9,189 4	2 437,88	47 29 47,97	776
777	1,2 87	60 37 29	469 097 433	27,874 7	9,193 3	2 441,02	47 41 67,65	777
778	1,2 85	60 52 84	470 910 952	27,892 7	9,197 3	2 444,16	47 53 89,00	778
779	1,2 84	60 68 41	472 729 139	27,910 6	9,201 2	2 447,30	47 66 11,81	779
780	1,2 82	60 84 00	474 552 000	27,928 5	9,205 2	2 450,44	47 78 36,24	780
781	1,2 80	60 99 61	476 379 541	27,946 4	9,209 1	2 453,58	47 90 62,22	781
782	1,2 79	61 15 24	478 211 768	27,964 3	9,213 0	2 456,73	48 03 89,83	782
783	1,2 77	61 30 89	480 048 687	27,982 1	9,217 0	2 459,87	48 15 19,11	783
784	1,2 76	61 46 56	481 890 304	28,000 0	9,220 9	2 463,01	48 27 49,69	784
785	1,2 74	61 62 25	483 736 625	28,017 9	9,224 8	2 466,15	48 39 81,98	785
786	1,2 72	61 77 96	485 587 656	28,035 7	9,228 7	2 469,29	48 52 15,84	786
787	1,2 71	61 93 69	487 443 403	28,053 5	9,232 6	2 472,43	48 64 51,22	787
788	1,2 69	62 09 44	489 303 872	28,071 3	9,236 5	2 475,58	48 76 88,33	788
789	1,2 67	62 25 21	491 169 069	28,089 1	9,240 4	2 478,72	48 89 26,85	789
790	1,2 66	62 41 00	493 039 000	28,106 9	9,244 3	2 481,86	49 01 67,00	790
791	1,2 64	62 56 81	494 913 671	28,214 7	9,248 2	2 485,00	49 14 08,71	791
792	1,2 63	62 72 64	496 793 088	28,142 5	9,252 1	2 488,14	49 26 52,00	792
793	1,2 61	62 88 49	498 677 257	28,160 3	9,256 0	2 491,28	49 38 96,91	793
794	1,2 59	63 04 36	500 566 184	28,173 0	9,259 9	2 494,42	49 51 43,34	794
795	1,2 58	63 20 25	502 459 875	28,195 7	9,263 8	2 497,57	49 63 91,27	795
796	1,2 56	63 36 16	504 358 336	28,213 5	9,267 7	2 500,71	49 76 40,92	796
797	1,2 55	63 52 09	506 261 573	28,231 2	9,271 6	2 503,85	49 88 92,00	797
798	1,2 53	63 68 04	508 169 592	28,248 9	9,275 4	2 506,99	50 01 44,69	798
799	1,2 52	63 84 01	510 082 399	28,266 6	9,279 3	2 510,13	50 13 99,00	799
800	1,2 50	64 00 00	512 000 000	28,284 3	9,283 2	2 513,27	50 26 54,82	800
801	1,2 48	64 16 01	513 922 401	28,301 9	9,287 0	2 516,42	50 39 12,23	801
802	1,2 47	64 32 04	515 849 608	28,319 6	9,290 0	2 519,56	50 51 71,23	802
803	1,2 45	64 48 09	517 781 627	28,337 3	9,294 8	2 522,70	50 64 31,80	803
804	1,2 44	64 64 16	519 718 464	28,354 9	9,298 6	2 525,84	50 76 93,81	804
805	1,2 42	64 80 25	521 660 125	28,372 5	9,302 5	2 528,98	50 89 57,64	805
806	1,2 41	64 96 36	523 606 616	28,390 1	9,306 3	2 532,12	51 02 22,82	806
807	1,2 39	65 12 49	525 557 943	28,407 7	9,310 2	2 535,27	51 14 89,77	807
808	1,2 38	65 28 64	527 514 112	28,425 3	9,314 0	2 538,41	51 27 58,23	808
809	1,2 36	65 44 81	529 475 129	28,442 9	9,317 9	2 541,55	51 40 28,11	809
810	1,2 35	65 61 00	531 441 000	28,460 5	9,321 7	2 544,69	51 52 99,74	810

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants-	Derdemachts-	Cirkel-		Getal of diameter
				wortel		omtrek	inhoud	
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v →	← 2v	← 3v	← ½v	← ⅓v	← v	← 2v	←v
811	1,2 33	65 77 21	533 411 731	28,478 1	9,325 5	2 547,83	51 65 73,00	811
812	1,2 32	65 93 44	535 387 328	28,495 6	9,329 4	2 550,97	51 78 47,57	812
813	1,2 30	66 09 69	537 367 797	28,513 2	9,333 2	2 554,11	51 91 23,72	813
814	1,2 29	66 25 96	539 353 144	28,530 7	9,337 0	2 557,26	52 04 01,68	814
815	1,2 27	66 42 25	541 343 375	28,548 2	9,340 8	2 560,40	52 16 81,10	815
816	1,2 25	66 58 56	543 338 496	28,565 7	9,344 7	2 563,54	52 29 62,12	816
817	1,2 24	66 74 89	545 338 513	28,583 2	9,348 5	2 566,68	52 42 44,63	817
818	1,2 22	66 91 24	547 343 432	28,600 7	9,352 3	2 569,82	52 55 28,76	818
819	1,2 21	67 07 61	549 353 259	28,618 2	9,356 1	2 572,96	52 68 14,48	819
820	1,2 20	67 24 00	551 368 000	28,635 6	9,359 9	2 576,11	52 81 01,73	820
821	1,2 18	67 40 41	553 387 661	28,653 1	9,363 7	2 579,25	52 93 90,56	821
822	1,2 17	67 56 84	555 412 248	28,670 5	9,367 5	2 582,39	53 06 81,00	822
823	1,2 15	67 73 29	557 441 767	28,688 0	9,371 3	2 585,53	53 19 72,97	823
824	1,2 14	67 89 76	559 476 224	28,705 4	9,375 1	2 588,67	53 32 66,50	824
825	1,2 12	68 06 25	561 515 625	28,722 8	9,378 9	2 591,81	53 45 61,62	825
826	1,2 11	68 22 76	563 559 976	28,740 2	9,382 7	2 594,96	53 58 58,24	826
827	1,2 09	68 39 29	565 609 283	28,757 6	9,386 5	2 598,10	53 71 56,58	827
828	1,2 08	68 55 84	567 663 552	28,776 0	9,390 2	2 601,24	53 84 56,37	828
829	1,2 06	68 72 41	569 722 789	28,792 4	9,394 0	2 604,38	53 97 57,75	829
830	1,2 05	68 89 00	571 787 000	28,809 7	9,397 8	2 607,52	54 10 60,79	830
831	1,2 03	69 05 61	573 856 191	28,827 1	9,401 6	2 610,66	54 23 65,24	831
832	1,2 02	69 22 24	575 930 368	28,844 4	9,405 3	2 613,81	54 36 71,37	832
833	1,2 00	69 38 89	578 009 537	28,861 7	9,409 1	2 616,95	54 49 79,12	833
834	1,1 99	69 55 56	580 093 704	28,879 1	9,412 9	2 620,09	54 62 88,40	834
835	1,1 98	69 72 25	582 182 875	28,896 4	9,416 6	2 623,23	54 75 99,23	835
836	1,1 96	69 88 96	584 277 056	28,913 7	9,420 4	2 626,37	54 89 11,63	836
837	1,1 95	70 05 69	586 376 253	28,931 0	9,424 1	2 629,51	55 02 25,61	837
838	1,1 93	70 22 44	588 480 472	28,948 2	9,427 9	2 632,65	55 15 41,12	838
839	1,1 92	70 39 21	590 589 719	28,965 5	9,431 6	2 635,80	55 28 58,37	839
840	1,1 90	70 56 00	592 704 000	28,982 8	9,435 4	2 638,94	55 41 76.94	840
841	1,1 89	70 72 81	594 823 321	29,000 0	9,439 1	2 642,08	55 54 97,25	841
842	1,1 88	70 89 64	596 947 688	29,017 2	9,442 9	2 645,22	55 68 19,12	842
843	1,1 86	71 06 49	599 077 107	29,034 5	9,446 6	2 648,36	55 81 42,42	843
844	1,1 85	71 23 36	601 211 584	29,051 7	9,450 3	2 651,51	55 94 67,39	844
845	1,1 83	71 40 25	603 351 125	29,068 9	9,454 1	2 654,65	56 07 93,92	845
846	1,1 82	71 57 16	605 495 736	29,086 1	9,457 8	2 657,79	56 21 22,12	846
847	1,1 81	71 74 09	607 645 423	29,103 3	9,461 5	2 660,93	56 34 51,65	847
848	1,1 79	71 91 04	609 800 192	29,120 4	9,465 2	2 664,07	56 47 83,12	848
849	1,1 78	72 08 01	611 960 049	29,137 6	9,469 0	2 667,21	56 61 15,77	849
850	1,1 76	72 25 00	614 125 000	29,154 8	9,472 7	2 670,35	56 74 50,17	850
851	1,1 75	72 42 01	616 295 051	29,171 9	9,476 4	2 673,50	56 87 86,26	851
852	1,1 74	72 59 04	618 470 208	29,189 0	9,480 1	2 676,64	57 01 23,65	852
853	1,1 72	72 76 09	620 650 477	29,206 2	9,483 8	2 679,78	57 14 62,79	853
854	1,1 71	72 93 16	622 835 864	29,223 3	9,487 5	2 682,92	57 28 03,45	854
855	1,1 70	73 10 25	625 026 375	29,240 5	9,491 2	2 686,06	57 41 45,69	855

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derde machts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← ½ v	⅓ ← v	← v	← 2v	← v
856	1,1 68	73 27 36	627 222 016	29,257 5	9,494 9	2 689,20	57 54 89,51	856
857	1,1 67	73 44 49	629 422 793	29,274 6	9,498 6	2 692,34	57 68 34,80	857
858	1,1 66	73 61 64	631 628 712	29,291 6	9,502 3	2 695,49	57 81 81,80	858
859	1,1 64	73 78 81	633 839 779	29,308 7	9,506 0	2 698,63	57 95 30,38	859
860	1,1 63	73 96 00	636 056 000	29,325 8	9,509 7	2 701,77	58 08 80,48	860
861	1,1 61	74 13 21	638 277 381	29,342 8	9,513 4	2 704,91	58 22 32,26	861
862	1,1 60	74 30 44	640 503 928	29,359 8	9,517 1	2 708,05	58 35 85,39	862
863	1,1 59	74 47 69	642 735 647	29,376 9	9,520 7	2 711,19	58 49 40,26	863
864	1,1 57	74 64 96	644 972 544	29,393 9	9,524 4	2 714,34	58 62 96,59	864
865	1,1 56	74 82 25	647 214 625	29,410 9	9,528 1	2 717,48	58 76 54,54	865
866	1,1 55	74 99 56	649 461 896	29,427 9	9,531 7	2 720,62	58 90 14,14	866
867	1,1 53	75 16 89	651 714 363	29,444 9	9,535 4	2 723,76	59 03 75,14	867
868	1,1 52	75 34 24	653 972 032	29,461 8	9,539 1	2 726,90	59 17 37,68	868
869	1,1 51	75 51 61	656 234 909	29,478 8	9,542 7	2 730,04	59 31 02,14	869
870	1,1 49	75 69 00	658 503 000	29,495 8	9,546 4	2 733,19	59 44 67,87	870
871	1,1 48	75 86 41	660 776 311	29,512 7	9,550 1	2 736,33	59 58 35,44	871
872	1,1 47	76 03 84	663 054 848	29,529 6	9,553 7	2 739,47	59 72 04,26	872
873	1,1 45	76 21 29	665 338 617	29,546 6	9,557 4	2 742,61	59 85 74,70	873
874	1,1 44	76 38 76	667 627 624	29,563 5	9,561 0	2 745,75	59 99 47,21	874
875	1,1 43	76 56 25	669 921 875	29,580 4	9,564 7	2 748,89	60 13 20,47	875
876	1,1 42	76 73 76	672 221 376	29,597 3	9,568 3	2 752,04	60 26 96,11	876
877	1,1 40	76 91 29	674 526 133	29,614 2	9,571 9	2 755,18	60 40 72,50	877
878	1,1 39	77 08 84	676 836 152	29,631 1	9,575 6	2 758,32	60 54 51,49	878
879	1,1 38	77 26 41	679 151 439	29,647 9	9,579 2	2 761,46	60 68 31,24	879
880	1,1 36	77 44 00	681 472 000	29,664 8	9,582 8	2 764,60	60 82 12,34	880
881	1,1 35	77 61 61	683 797 841	29,681 6	9,586 5	2 767,74	60 95 95,42	881
882	1,1 33	77 79 24	686 128 968	29,698 5	9,590 1	2 770,88	61 09 80,08	882
883	1,1 32	77 96 89	688 465 387	29,715 3	9,593 7	2 774,03	61 23 66,28	883
884	1,1 31	78 14 56	690 807 104	29,732 1	9,597 3	2 777,17	61 37 54,28	884
885	1,1 30	78 32 25	693 154 125	29,748 9	9,601 0	2 780,31	61 51 43,48	885
886	1,1 29	78 49 96	695 506 456	29,765 8	9,604 6	2 783,45	61 65 34,42	886
887	1,1 27	78 67 69	697 864 103	29,782 5	9,608 2	2 786,59	61 79 27,37	887
888	1,1 26	78 85 44	700 227 072	29,799 3	9,611 8	2 789,73	61 93 21,14	888
889	1,1 25	79 03 21	702 595 369	29,816 1	9,615 4	2 792,88	62 07 17,11	889
890	1,1 24	79 21 00	704 969 000	29,832 9	9,619 0	2 796,02	62 21 13,89	890
891	1,1 22	79 38 81	707 347 971	29,849 6	9,622 6	2 799,16	62 35 13,13	891
892	1,1 21	79 56 64	709 732 288	29,866 4	9,626 2	2 802,30	62 49 13,14	892
893	1,1 20	79 74 49	712 121 957	29,883 1	9,629 8	2 805,44	62 63 15,44	893
894	1,1 19	79 92 36	714 516 984	29,899 8	9,633 4	2 808,58	62 77 18,42	894
895	1,1 17	80 10 25	716 917 375	29,916 6	9,637 0	2 811,73	62 91 23,56	895
896	1,1 16	80 28 16	719 323 136	29,933 3	9,640 6	2 814,87	63 05 30,21	896
897	1,1 15	80 46 09	721 734 273	29,950 0	9,644 2	2 818,01	63 19 38,43	897
898	1,1 14	80 64 04	724 150 792	29,966 6	9,647 7	2 821,15	63 33 48,22	898
899	1,1 12	80 82 01	726 572 699	29,983 3	9,651 3	2 824,29	63 47 60,13	899
900	1,1 11	81 00 00	729 000 000	30,000 0	9,654 9	2 827,43	63 61 72,51	900

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←½v	←⅓v	←v	←2v	←v
901	1,1 10	81 18 01	731 432 701	30,016 7	9,658 5	2 830,58	63 75 87,00	901
902	1,1 09	81 36 04	733 870 808	30,033 3	9,662 0	2 833,72	63 90 03,00	902
903	1,1 07	81 54 09	736 314 327	30,050 0	9,665 6	2 836,86	64 04 21,22	903
904	1,1 06	81 72 16	738 763 264	30,066 6	9,669 2	2 840,00	64 18 40,44	904
905	1,1 05	81 90 25	741 217 625	30,083 2	9,672 7	2 843,14	64 32 60,73	905
906	1,1 04	82 08 36	743 677 416	30,099 8	9,676 3	2 846,28	64 46 83,14	906
907	1,1 03	82 26 49	746 142 643	30,116 4	9,679 9	2 849,42	64 61 07,14	907
908	1,1 01	82 44 64	748 613 312	30,133 0	9,683 4	2 852,57	64 75 33,02	908
909	1,1 00	82 62 81	751 089 429	30,149 6	9,687 0	2 855,71	64 89 60,09	909
910	1,0 99	82 81 00	753 571 000	30,166 2	9,690 5	2 858,85	65 03 88,22	910
911	1,0 98	82 99 21	756 058 031	30,182 8	9,694 1	2 861,99	65 18 18,44	911
912	1,0 96	83 17 44	758 550 528	30,199 3	9,697 6	2 865,13	65 32 50,14	912
913	1,0 95	83 35 69	761 048 497	30,215 9	9,701 2	2 868,27	65 46 84,09	913
914	1,0 94	83 53 96	763 551 944	30,232 4	9,704 7	2 871,42	65 61 18,46	914
915	1,0 93	83 72 25	766 060 875	30,249 0	9,708 2	2 874,56	65 75 54,98	915
916	1,0 92	83 90 56	768 575 296	30,265 5	9,711 8	2 877,70	65 89 93,14	916
917	1,0 91	84 08 89	771 095 213	30,282 0	9,715 3	2 880,84	66 04 33,22	917
918	1,0 89	84 27 24	773 620 632	30,298 5	9,718 8	2 883,98	66 18 74,42	918
919	1,0 88	84 45 61	776 151 559	30,315 0	9,722 4	2 887,12	66 33 17,20	919
920	1,0 87	84 64 00	778 688 000	30,331 5	9,725 9	2 890,27	66 47 61,01	920
921	1,0 86	84 82 41	781 229 961	30,348 0	9,729 4	2 893,41	66 62 07,48	921
922	1,0 85	85 00 84	783 777 448	30,364 5	9,732 9	2 896,55	66 76 54,30	922
923	1,0 83	85 19 29	786 330 467	30,380 9	9,736 4	2 899,69	66 91 03,46	923
924	1,0 82	85 37 76	788 889 024	30,397 4	9,740 0	2 902,83	67 05 54,14	924
925	1,0 81	85 56 25	791 453 125	30,413 8	9,743 5	2 905,97	67 20 06,30	925
926	1,0 80	85 74 76	794 022 776	30,430 2	9,747 0	2 909,11	67 34 60,16	926
927	1,0 79	85 93 29	796 597 983	30,446 7	9,750 5	2 912,26	67 49 15 31	927
928	1,0 78	86 11 84	799 178 752	30,463 1	9,754 0	2 915,40	67 63 72,46	928
929	1,0 77	86 30 41	801 765 089	30,479 5	9,757 5	2 918,54	67 78 31,40	929
930	1,0 75	86 49 00	804 357 000	30,495 9	9,761 0	2 921,68	67 92 90,87	930
931	1,0 74	86 67 61	806 954 491	30,512 3	9,764 5	2 924,82	68 07 52,08	931
932	1,0 73	86 86 24	809 557 468	30,528 7	9,768 0	2 927,96	68 22 16,30	932
933	1,0 72	87 04 89	812 166 237	30,545 0	9,771 5	2 931,11	68 36 80.06	933
934	1,0 71	87 23 56	814 780 504	30,561 4	9,775 0	2 934,25	68 51 47,40	934
935	1,0 70	87 42 25	817 490 375	30,577 8	9,778 5	2 937,39	68 66 14,71	935
936	1,0 68	87 60 96	820 025 856	30,594 1	9,781 9	2 940,53	68 80 84,26	936
937	1,0 67	87 79 69	822 656 953	30,610 5	9,785 4	2 943,67	68 95 55,16	937
938	1,0 66	87 98 44	825 293 672	30,626 8	9,788 9	2 946,81	69 10 28,47	938
939	1,0 65	88 17 21	827 936 019	30,643 1	9,792 4	2 949,96	69 25 02,00	939
940	1,0 64	88 36 00	830 584 000	30,659 0	9,795 9	2 953,10	69 39 77,82	940
941	1,0 63	88 54 81	833 237 621	30,675 7	9,799 3	2 956,24	69 54 55,00	941
942	1,0 62	88 73 64	835 896 888	30,692 0	9,802 8	2 959,38	69 69 34,00	942
943	1,0 60	88 92 49	838 561 807	30,708 3	9,806 3	2 962,52	69 84 15,14	943
944	1,0 59	89 11 36	841 232 384	30,724 6	9,809 7	2 965,66	69 98 97,21	944
945	1,0 58	89 30 25	843 908 625	30,740 9	9,813 2	2 968,81	70 13 80,19	945

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkants- wortel	Derde machts- wortel	Cirkel- omtrek	Cirkel- inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
←v	v→	←2v	←3v	←½v	←⅓v	←v	←2v	←v
946	1,0 57	89 49 16	846 590 536	30,757 1	9,816 7	2 971,95	70 28 65,02	946
947	1,0 56	89 68 09	849 278 123	30,773 4	9,820 1	2 975,09	70 43 52,25	947
948	1,0 55	89 87 04	851 971 392	30,789 6	9,823 6	2 978,23	70 58 40,31	948
949	1,0 54	90 06 01	854 670 349	30,805 8	9,827 0	2 981,37	70 73 30,02	949
950	1,0 53	90 25 00	857 375 000	30,822 1	9,830 5	2 984,51	70 88 21,84	950
951	1,0 52	90 44 01	860 085 351	30,838 3	9,833 9	2 987,65	71 03 14,98	951
952	1,0 50	90 63 04	862 801 408	30,854 5	9,837 4	2 990,80	71 18 09,16	952
953	1,0 49	90 82 09	865 523 177	30,870 7	9,840 8	2 993,94	71 33 06,34	953
954	1,0 48	91 01 16	868 250 664	30,886 9	9,844 3	2 997,08	71 48 03,10	954
955	1,0 47	91 20 25	870 983 875	30,903 1	9,847 7	3 000,22	71 63 02,76	955
956	1,0 46	91 39 36	873 722 816	30,919 2	9,851 1	3 003 36	71 78 04,33	956
957	1,0 45	91 58 49	876 467 493	30,935 4	9,854 6	3 006,50	71 93 06,00	957
958	1,0 44	91 77 64	879 217 912	30,951 6	9,858 0	3 009,65	72 08 10,16	958
959	1,0 43	91 96 81	881 974 079	30,967 7	9,861 4	3 012,79	72 23 16,45	959
960	1,0 42	92 16 00	884 736 000	30,983 9	9,864 8	3 015,93	72 38 22,95	960
961	1,0 41	92 35 21	887 503 681	31,000 0	9,868 3	2 019,07	72 53 32,39	961
962	1,0 40	92 54 44	890 277 128	31,016 1	9,871 7	3 022,21	72 68 42,16	962
963	1,0 38	92 73 69	893 056 347	31,032 2	9,875 1	3 025,35	72 83 54,00	963
964	1,0 37	92 92 96	895 841 344	31,048 3	9,878 5	3 028,50	72 98 67,07	964
965	1,0 36	93 12 25	898 632 125	31,064 4	9,881 9	3 031,64	73 13 82,40	965
966	1,0 35	93 31 56	901 428 696	31,080 5	9,885 4	3 034,78	73 28 99,00	966
967	1,0 34	93 50 89	904 231 063	31,096 6	9,888 8	3 037,92	73 44 17,33	967
968	1,0 33	93 70 24	907 039 232	31,112 7	9,892 2	3 041,06	73 59 37,16	968
969	1,0 32	93 89 61	909 853 209	31,128 8	9,895 6	3 044,20	73 74 58,33	969
970	1,0 31	94 09 00	912 673 000	31,144 8	9,899 0	3 047,34	73 89 81,13	970
971	1,0 30	94 28 41	915 498 611	31,160 9	9,902 4	3 050,49	74 05 06,32	971
972	1,0 29	94 47 84	918 330 048	31,176 9	9,905 8	3 053,63	74 20 32,35	972
973	1,0 28	94 67 29	921 167 317	31,192 9	9,909 2	3 056,77	74 35 59,16	973
974	1,0 27	94 86 76	924 010 424	31,209 0	9,912 6	3 059,91	74 50 88,39	974
975	1,0 26	95 06 25	926 859 375	31,225 0	9,916 0	3 063,05	74 66 19,13	975
976	1,0 25	95 25 76	929 714 176	31,241 0	9,919 4	3 066,19	74 81 51,19	976
977	1,0 24	95 45 29	932 574 833	31,257 0	9,922 7	3 069,34	74 96 85,09	977
978	1,0 22	95 64 64	935 441 352	31,273 0	9,926 1	3 072,48	75 12 21,53	978
979	1,0 21	95 84 41	938 313 739	31,289 0	9,929 5	3 075,62	75 27 57,87	979
980	1,0 20	96 04 00	941 192 000	31,305 0	9,932 9	3 078,76	75 42 96,40	980
981	1,0 19	96 23 61	944 076 141	31,320 9	9,936 3	3 081,90	75 58 36,56	981
982	1,0 18	96 43 24	946 966 168	31,336 9	9,939 6	3 085,04	75 73 78,35	982
983	1,0 17	96 62 89	949 862 087	31,352 8	9,943 0	3 088,19	75 89 21,61	983
984	1,0 16	96 82 56	952 763 904	31,368 8	9,946 4	3 091,33	76 04 66,48	984
985	1,0 15	97 02 25	955 671 625	31,384 7	9,949 7	3 094,47	76 20 12,93	985
986	1,0 14	97 21 96	958 585 256	31,400 6	9,953 1	3 097,61	76 35 60,87	986
987	1,0 13	97 41 69	961 504 803	31,416 6	9,956 5	3 100,75	76 51 10,70	987
988	1,0 12	97 61 44	964 430 272	13,432 5	9,959 8	3 103,89	76 66 61,70	988
989	1,0 11	97 81 21	967 361 669	13,448 4	9,963 2	3 107,04	76 82 14,44	989
990	1,0 10	98 01 00	970 299 000	31,464 3	9,966 6	3 110,18	76 97 68,74	990

Getal of diameter	Quotiënt van *n* op de 1000	Kwadraat	Kubiek	Vierkantswortel	Derdemachtswortel	Cirkel-omtrek	Cirkel-inhoud	Getal of diameter
		van het getal *n*		van het getal *n*		voor den diam. *n*		
n	$\frac{1000}{n}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{1}{4}\pi n^2$	n
← v	v →	← 2v	← 3v	← ½ v	← ⅓ v	← v	← 2v	← v
991	1,0 09	98 20 81	973 242 271	31,480 2	9,969 9	3 113,32	77 13 24,70	991
992	1,0 08	98 40 64	976 191 488	31,496 0	9,973 3	3 116,46	77 28 82,17	992
993	1,0 07	98 60 49	979 146 657	31,511 9	9,976 6	3 119,60	77 44 40,90	993
994	1,0 06	98 80 36	982 107 784	31,527 8	9,980 0	3 122,74	77 60 01,71	994
995	1,0 05	99 00 25	985 074 875	31,543 6	9,983 3	3 125,88	77 75 63,82	995
996	1,0 04	99 20 16	988 047 936	31,559 5	9,986 6	3 129,03	77 91 27,54	996
997	1,0 03	99 40 09	991 026 973	31,575 3	9,990 0	3 132,17	78 06 93,00	997
998	1,0 02	99 60 04	994 011 992	31,591 1	9,993 3	3 135,31	78 22 59,71	998
999	1,0 01	99 80 01	997 002 999	31,607 0	9,996 7	3 138,45	78 38 28,35	999
1000	1,0 00	1 00 00 00	1 000 000 000	31,622 8	10,000 0	3 141,59	78 53 98,16	1000

Veel voorkomende getalswaarden.

e = grondtal van het stelsel der natuurlijke logarithmen.
g = versnelling van de zwaartekracht.

Grootte	Getals-waarde	Grootte	Getals-waarde	Grootte	Getals-waarde
π	3,141 592 6 53 589	π^3	31,006 277	$\frac{1}{4\pi}$	0,079 577
2π	6,283 185	π^4	97,409 091	$\frac{2}{\pi}$	0,636 620
$\pi\sqrt{2}$	4,442 883	π^5	306,019 685	$\frac{3}{\pi}$	0,954 930
$\frac{1}{2}\pi$	1,570 796	π^6	961,389 194	$\frac{4}{\pi}$	1,273 240
$\frac{1}{3}\pi$	1,047 197	$\sqrt{\pi}$	1,772 454	$\frac{12}{\pi}$	3,819 719
$\frac{2}{3}\pi$	2,094 395	$2\sqrt{\pi}$	3,544 908	$\frac{16}{\pi}$	5,092 958
$\frac{1}{4}\pi$	0,785 398	$\sqrt{2\pi}$	2,506 628	$\frac{30}{\pi}$	9,549 297
$\frac{1}{6}\pi$	0,523 599	$\sqrt{\frac{1}{2}\pi}$	1,253 314	$\frac{\sqrt{2}}{\pi}$	0,450 158
$\frac{1}{12}\pi$	0,261 799	$\sqrt{\frac{1}{6}\pi}$	0,723 601	$\frac{1}{\pi\sqrt{2}}$	0,225 079
$\frac{1}{16}\pi$	0,196 350	$\pi\sqrt{\pi}$	5,568 328	$\frac{1}{\pi^2}$	0,101 321
$\frac{1}{32}\pi$	0,098 175	$\sqrt[3]{\pi}$	1,464 592	$\frac{4}{\pi^2}$	0,405 285
$\frac{1}{64}\pi$	0,049 087	$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845 270	$\frac{1}{\pi^3}$	0,032 252
$\frac{1}{90}\pi$	0,034 907	$\sqrt[3]{\frac{1}{2}\pi}$	1,162 447	$\frac{1}{\pi^4}$	0,010 266
$\frac{1}{180}\pi$	0,017 453	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{4}}$	0,922 635	$\frac{1}{\pi^5}$	0,003 268
$\frac{1}{\sqrt{2}}\pi$	2,221 441	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{6}}$	0,805 996	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001 040
π^2	9,869 604	$\sqrt[3]{\pi^2}$	2,145 029	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564 190
$4\pi^2$	39,478 417	$\pi\sqrt[3]{\pi}$	4,601 149	$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,282 095
$\frac{1}{4}\pi^2$	2,467 401	$\pi\sqrt[3]{\pi^2}$	6,738 808	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,797 885
$\frac{1}{16}\pi^2$	0,616 850	$\frac{1}{\pi}$	0,318 310	$\sqrt{\frac{3}{\pi}}$	0,977 205
$\frac{1}{64}\pi^2$	0,154 213	$\frac{1}{2\pi}$	0,159 155		
		$\frac{1}{3\pi}$	0,106 103		

Grootte	Getalswaarde
$\sqrt{\frac{90}{\pi}}$	5,352 372
$\sqrt{\frac{1}{2\pi}}$	0,398 942
$\sqrt{\frac{3}{2\pi}}$	0,690 988
$\sqrt{\frac{1}{3\pi}}$	0,325 735
$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682 784
$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860 254
$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984 745
$\sqrt[3]{\frac{1}{2\pi}}$	0,541 926
$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi^2}}$	0,466 194
$\sqrt[4]{\frac{4}{\pi}}$	1,062 252
$\sqrt[4]{\frac{180}{\pi}}$	2,751 253
*) g	9,81
$2\,g$	19,62
$\frac{g}{\pi^2}$	0,994 19
g^2	96,236 1
$4g^2$	384,945
$\sqrt{g}$	3,132 091 9
$2\sqrt{g}$	6,264 184
$\pi\sqrt{g}$	9,839 757
$\sqrt{2g}$	4,429 447

Grootte	Getalswaarde
$\frac{2}{3}\sqrt{2g}$	2,953 0
$\pi\sqrt{2g}$	13,915 36
$\frac{\pi}{2}\sqrt{2g}$	6,957 68
$\frac{1}{g}$	0,101 937
$\frac{\pi^2}{g}$	1,006 10
$\frac{1}{2g}$	0,050 968
$\frac{3}{2g}$	0,152 90
$\frac{1}{g^2}$	0,010 391
$\frac{1}{4g^2}$	0,002 598
$\sqrt{\frac{1}{g}}$	0,319 28
$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{g}}$	0,159 64
$\frac{\pi}{\sqrt{g}}$	1,003 03
$\frac{1}{\sqrt{2g}}$	0,225 76
$\frac{1}{2\sqrt{2g}}$	0,112 88
$\frac{\pi}{\sqrt{2g}}$	0,709 252
$\frac{\pi}{2\sqrt{2g}}$	0,359 63
e	2,718 281 8 28 459
e^2	7,389 056
e^3	20,085 537
e^4	54,598 150
$\log \pi$	0,497 149 8 72 694
$\log 2\pi$	0,798 180

Grootte	Getalswaarde
$\log \frac{\pi}{2}$	0,196 120
$\log \frac{\pi}{3}$	0,020 029
$\log \frac{\pi}{4}$	0,895 090-1
$\log \frac{\pi}{6}$	0,718 999-1
$\log \pi^2$	0,994 300
$\log \pi^3$	1,491 450
$\log \sqrt{\pi}$	0,248 575
$\log \sqrt[3]{\pi}$	0,165 717
$\log \frac{1}{\pi}$	0,502 850-1
$\log \frac{2}{\pi}$	0,803 880-1
$\log \frac{1}{2\pi}$	0,201 820-1
$\log \frac{1}{\pi^2}$	0,005 700-1
$\log \frac{1}{\pi^3}$	0,508 550-2
$\log \sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,751 425-1
$\log \sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,901 940-1
$\log \sqrt{\frac{1}{2\pi}}$	0,600 910-1
$\log \sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,834 283-1
$\log \sqrt[3]{\frac{1}{2\pi}}$	0,733 940-1
$\log g$	0,991 67
$\log 2\,g$	1,292 70
$\log \sqrt{g}$	0,495 83
$\log \sqrt{2g}$	0,646 35

*) Voor Amsterdam $g = 9{,}812$, ter zeehoogte.

Booglengten, pijlen, koorden en inhoud.

van cirkel-segmenten voor den straal r = 1.

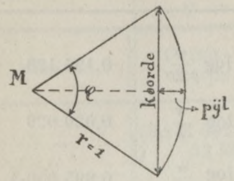


Fig. 1.

$$\text{Booglengte} = r\frac{\pi\varphi^0}{180}. \qquad \text{Koorde} = 2r \sin\frac{\varphi}{2}.$$

$$\text{Pijl} = r\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right).$$

$$\text{Inhoud segment} = \frac{1}{2}\, r^2\left(\frac{\pi\varphi^0}{180} - \sin\varphi\right).$$

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
0	0	0,000 000	0,000 00	0,000 00	0,000 000
	30	,008 727	,000 01	,008 73	,000 000
1	0	,017 453	,000 04	,017 45	,000 000
	30	,026 180	,000 09	,026 00	,000 001
2	0	,034 907	,000 15	,034 90	,000 004
	30	,043 637	,000 24	,043 63	,000 007
3	0	,052 360	,000 34	,052 35	,000 012
	30	,061 087	,000 47	,061 08	,000 019
4	0	,069 813	,000 61	,069 80	,000 028
	30	,078 540	,000 77	,079 52	,000 040
5	0	,087 266	,000 95	,087 24	,000 055
	30	,095 994	,001 15	,095 96	,000 074
6	0	,104 720	,001 37	,104 67	,000 096
	30	,113 447	,001 61	,113 39	,000 122
7	0	,122 173	,001 87	,122 10	,000 152
	30	,130 900	,002 14	,130 81	,000 187
8	0	,139 626	,002 44	,139 51	,000 226
	30	,148 353	,002 75	,148 22	,000 272
9	0	,157 080	,003 08	,156 92	,000 323
	30	,165 807	,003 44	,165 62	,000 379
10	0	,174 533	,003 81	,174 31	,000 442
	30	,183 260	,004 20	,183 50	,000 512
11	0	,191 986	,004 60	,191 69	,000 588
	30	,200 713	,005 04	,200 38	,000 672
12	0	,209 440	,005 48	,209 06	,000 764
	30	,218 167	,005 94	,217 73	,000 863
13	0	,226 893	,006 43	,226 41	,000 971
	30	,235 620	,006 93	,235 07	,001 087
14	0	,244 346	,007 45	,243 74	,001 212
	30	,253 073	,008 00	,252 40	,001 346
15	0	,261 799	,008 56	,261 05	,001 490
	30	,270 526	,009 1	,269 7	,001 64
16	0	,279 253	,009 7	,278 3	,001 81
	30	,287 980	,010 3	,287 0	,001 98
17	0	,296 706	,011 0	,295 6	,002 17
	30	,305 433	,011 6	,304 2	,002 36
18	0	,314 159	,012 3	,312 9	,002 57
	30	,322 886	,013 0	,321 5	,002 79

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
19	0	0,331 613	0,013 7	0,330 1	0,003 02
	30	,340 340	,014 4	,338 7	,003 27
20	0	,449 066	,015 2	,347 3	,003 52
	30	,357 793	,016 0	,355 9	,003 79
21	0	,366 519	,016 7	,364 5	,004 07
	30	,375 246	,017 5	,373 0	,004 37
22	0	,383 972	,018 4	,381 6	,004 68
	30	,392 699	,019 2	,390 2	,005 01
23	0	,401 426	,020 1	,398 7	,005 35
	30	,410 153	,021 0	,407 3	,005 70
24	0	,418 879	,021 9	,415 8	,006 07
	30	,427 606	,022 8	,424 4	,006 46
25	0	,436 332	,023 7	,432 9	,006 86
	30	,445 059	,024 7	,441 4	,007 27
26	0	,453 786	,025 6	,449 9	,007 71
	30	,462 513	,026 6	,458 4	,008 16
27	0	,471 239	,027 6	,466 9	,008 62
	30	,479 966	,028 7	,475 4	,009 11
28	0	,488 692	,029 7	,483 8	,009 61
	30	,497 419	,030 8	,492 3	,010 13
29	0	,506 145	,031 9	,500 8	,010 67
	30	,514 872	,033 0	,509 2	,011 22
30	0	,523 599	,034 1	,517 6	,011 80
	30	,532 326	,035 2	,526 1	,012 39
31	0	,541 052	,036 4	,534 5	,013 01
	30	,549 779	,037 5	,542 9	,013 64
32	0	,558 505	,038 7	,551 3	,014 29
	30	,567 232	,040 0	,559 7	,014 97
33	0	,575 959	,041 2	,568 0	,015 66
	30	,584 686	,042 4	,576 4	,016 37
34	0	,593 412	,043 7	,584 7	,017 11
	30	,602 139	,045 0	,593 1	,017 87
35	0	,610 865	,046 3	,601 4	,018 64
	30	,619 592	.047 6	,609 7	,019 44
36	0	,628 319	,048 9	,618 0	,020 27
	30	,636 746	,050 3	,626 3	,020 96
37	0	,645 772	,051 7	,634 6	,021 98
	30	,654 499	,053 1	,642 9	,022 87
38	0	,663 225	,054 5	,651 1	,023 78
	30	,671 952	,055 9	,659 4	,024 72
39	0	,680 678	,057 4	,667 6	,025 68
	30	,689 405	,058 8	,675 8	,026 66
40	0	,698 132	,060 3	,684 0	,027 67
	30	,706 859	,061 8	,692 2	,028 70
41	0	,715 585	,063 3	,700 4	,029 76
	30	,724 312	,064 9	,708 6	,030 85
42	0	,733 038	,066 4	,716 7	,031 95
	30	,741 765	,068 0	,724 9	,033 09
43	0	,750 492	,069 6	,733 0	,034 25
	30	,759 219	,071 3	,741 1	,035 43
44	0	,767 945	,072 8	,749 2	,036 64
	30	,776 672	,074 5	,757 3	,037 88
45	0	,785 398	,076 1	,765 4	,039 15
	30	,794 125	,077 8	,773 4	,040 44

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
46	0	0,802 851	0,079 5	0,781 5	0,041 76
	30	,811 579	,081 2	,789 5	,043 10
47	0	,820 305	,082 9	,797 5	,044 48
	30	,829 032	,084 7	,805 5	,045 88
48	0	,837 758	,086 5	,813 5	,047 31
	30	,846 485	,088 2	,821 4	,048 76
49	0	,855 211	,090 0	,829 4	,050 25
	30	,863 939	,091 9	,837 3	,051 77
50	0	,872 665	,093 7	,845 2	,053 31
	30	,881 392	,095 5	,853 1	,054 88
51	0	,890 118	,097 4	,861 0	,056 49
	30	,898 845	,099 3	,868 9	,058 12
52	0	,907 571	,101 2	,876 7	,059 78
	30	,916 298	,103 1	,884 6	,061 47
52	0	,925 025	,105 1	,892 4	,063 19
	30	,933 752	,107 0	,900 2	,064 95
54	0	,942 478	,109 0	,908 0	,066 73
	30	,951 205	,111 0	,915 7	,068 54
55	0	,959 931	,113 0	,923 5	,070 39
	30	,968 658	,115 0	,931 2	,072 27
56	0	,977 384	,117 1	,938 9	,074 17
	30	,986 111	,119 1	,946 6	,076 11
57	0	,994 838	,121 2	,954 3	,078 08
	30	1,003 565	,123 3	,962 0	,080 04
58	0	1,012 291	,125 4	,969 6	,082 12
	3	1,021 018	,127 5	,977 2	,084 19
59	0	1,029 744	,129 6	,984 8	,086 29
	30	1,038 471	,131 8	,996 4	,088 42
60	0	1,047 198	,134 0	1,000 0	,090 59
	30	1,055 925	,136 2	1,007 5	,092 78
61	0	1,064 651	,138 4	1,015 1	,095 02
	30	1,073 378	,140 6	1,022 6	,097 28
62	0	1,082 104	,142 8	1,030 1	,099 58
	30	1,090 831	,145 1	1,037 5	,101 91
63	0	1,099 557	,147 4	1,045 0	,104 28
	30	1,108 283	,149 6	1,052 4	,106 97
64	0	1,117 011	,152 0	1,059 8	,109 11
	30	1,125 738	,154 3	1,067 2	,111 58
65	0	1,134 464	,156 6	1,074 6	,114 08
	30	1,143 191	,158 9	1,081 9	,116 62
66	0	1,151 917	,161 3	1,089 3	,119 19
	30	1,160 644	,163 7	1,096 6	,121 79
67	0	1,169 371	,166 1	1,103 9	,124 43
	30	1,178 098	,168 5	1,111 1	,127 11
68	0	1,186 824	,171 0	1,118 4	,129 82
	30	1,195 551	,173 4	1,125 6	,132 57
69	0	1,204 277	,175 9	1,132 8	,135 35
	30	1,213 094	,178 4	1,140 0	,138 17
70	0	1,221 730	,180 8	1,147 1	,141 02
	30	1,230 458	,183 4	1,154 3	,143 91
71	0	1,239 184	,185 9	1,161 4	,146 83
	30	1,247 911	,188 4	1,168 5	,149 79
72	0	1,256 637	,191 0	1,175 6	,152 79
	30	1,265 364	,193 6	1,182 6	,155 82

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Boog lengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
73	0	1,274 090	0,196 1	1,189 6	0,158 89
	30	1,282 817	,198 7	1,196 6	,162 00
74	0	1,291 544	,201 4	1,203 6	,165 14
	30	1,300 271	,204 0	1,210 6	,168 32
75	0	1,308 997	,206 6	1,217 5	,171 54
	30	1,317 724	,209 3	1,224 4	,174 79
76	0	1,326 450	,212 0	1,231 3	,178 08
	30	1,335 177	,214 7	1,238 2	,181 40
77	0	1,343 904	,217 4	1,245 0	,184 77
	30	1,352 631	,220 1	1,251 8	,188 17
78	0	1,361 357	,222 9	1,258 6	,191 60
	30	1,370 084	,225 6	1,267 4	,195 08
79	0	1,378 810	,228 4	1,272 2	,198 59
	30	1,387 537	,231 2	1,278 9	,202 14
80	0	1,396 263	,234 0	1,285 6	,205 73
	30	1,404 990	,236 8	1,292 2	,209 35
81	0	1,413 717	,239 6	1,298 9	,213 01
	30	1,422 444	,242 4	1,305 5	,216 71
82	0	1,431 170	,245 3	1,312 1	,220 45
	30	1,439 897	,248 2	1,318 7	,224 18
83	0	1,448 623	,251 0	1,325 2	,228 04
	30	1,457 350	,253 9	1,331 8	,231 89
84	0	1,466 077	,256 9	1,338 3	,235 78
	30	1,474 804	,259 8	1,344 7	,239 70
85	0	1,483 530	,262 7	1,351 2	,243 67
	30	1,492 257	,265 7	1,357 6	,247 67
86	0	1,500 983	,268 6	1,363 0	,251 71
	30	1,509 710	,271 6	1,370 4	,255 79
87	0	1,518 436	,274 6	1,376 7	,259 90
	30	1,527 163	,277 6	1,383 0	,264 01
88	0	1,535 890	,280 7	1,389 3	,268 25
	30	1,544 592	,283 7	1,395 6	,272 60
89	0	1,553 343	,286 7	1,401 8	,276 75
	30	1,562 070	,289 8	1,408 0	,281 05
90	0	1,570 796	,292 9	1,414 2	,285 40
	30	1,579 523	,296 0	1,420 4	,289 78
91	0	1,588 250	,299 1	1,426 5	,294 20
	30	1,596 977	,302 2	1,432 6	,298 79
92	0	1,605 703	,305 3	1,438 7	,303 16
	30	1,614 430	,308 5	1,444 7	,307 69
93	0	1,623 156	,311 6	1,450 7	,312 26
	30	1,631 883	,314 8	1,456 7	,316 87
94	0	1,640 609	,318 0	1,462 7	,321 52
	30	1,649 337	,321 2	1,468 6	,326 21
95	0	1,658 063	,324 4	1,474 5	,330 93
	30	1,666 790	,327 6	1,480 4	,335 70
96	0	1,675 516	,330 9	1,486 3	,340 50
	30	1,684 243	,334 1	1,492 1	,345 34
97	0	1,692 969	,337 4	1,497 9	,350 21
	30	1,701 696	,340 7	1,503 7	,355 13
98	0	1,710 423	,343 9	1,509 4	,360 08
	30	1,719 150	,347 3	1,515 1	,365 07
99	0	1,727 876	,350 6	1,520 8	,370 09
	30	1,736 603	,353 9	1,526 5	,375 16

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
100	0	1,745 329	0,357 2	1,532 1	0,380 26
	30	1,754 056	,360 6	1,537 7	,385 40
101	0	1,762 782	,363 9	1,543 2	,390 58
	30	1,771 510	,367 3	1,548 8	,395 79
102	0	1,780 236	,370 7	1,554 3	,401 04
	30	1,788 963	,374 1	1,559 8	,406 33
103	0	1,797 689	,377 5	1,565 2	,411 66
	30	1,806 406	,380 9	1,570 6	,417 02
104	0	1,815 142	,384 3	1,576 0	,422 42
	30	1,823 869	,387 8	1,581 4	,427 86
105	0	1,832 596	,391 2	1,586 7	,433 34
	30	1,841 323	,394 7	1,592 0	,438 85
106	0	1,850 049	,398 2	1,597 3	,444 39
	30	1,858 776	,401 7	1,602 5	,449 98
107	0	1,867 502	,402 5	1,607 7	,455 60
	30	1,876 220	,408 7	1,612 9	,461 26
108	0	1,884 956	,412 2	1,618 0	,466 95
	30	1,893 663	,415 7	1,623 1	,472 67
109	0	1,902 409	,419 3	1,628 2	,478 44
	30	1,911 136	,422 9	1,633 3	,484 25
110	0	1,919 862	,426 4	1,638 3	,490 08
	30	1,928 589	,430 0	1,643 3	,495 96
111	0	1,937 315	,433 6	1,648 3	,501 87
	30	1,946 043	,437 2	1,653 2	,507 81
112	0	1,954 769	,440 8	1,658 1	,513 79
	30	1,963 496	,444 4	1,662 9	,519 81
113	0	1,972 222	,448 1	1,667 8	,525 86
	30	1,980 949	,451 7	1,672 6	,531 94
114	0	1,989 675	,455 4	1,677 3	,538 07
	30	1,998 402	,459 0	1,682 1	,544 22
115	0	2,007 129	,462 7	1,686 8	,550 41
	30	2,015 856	,466 4	1,691 5	,556 63
116	0	2,024 582	,470 7	1,696 1	,562 89
	30	2,033 309	,473 8	1,700 0	,569 48
117	0	2,042 035	,477 5	1,705 3	,575 51
	30	2,050 762	,481 2	1,709 8	,581 87
118	0	2,059 488	,485 0	1,714 3	,588 27
	30	2,068 216	,488 7	1,718 8	,594 70
119	0	2,076 942	,492 5	1,723 3	,601 16
	30	2,085 669	,496 2	1,727 7	,607 66
120	0	2,094 395	,500 0	1,732 0	,614 18
	30	2,103 122	,503 8	1,736 4	,620 75
121	0	2,111 848	,507 6	1,740 7	,627 34
	30	2,120 575	,511 4	1,745 0	,633 97
122	0	2,129 302	,515 2	1,749 2	,640 63
	30	2,138 029	,519 0	1,753 5	,647 37
123	0	2,146 755	,522 8	1,757 6	,654 04
	30	2,155 482	,526 7	1,761 8	,660 80
124	0	2,164 208	,530 5	1,765 9	,667 59
	30	2,172 935	,534 4	1,770 0	,674 40
125	0	2,181 662	,538 3	1,774 0	,681 25
	30	2,190 389	,542 1	1,778 0	,688 13
126	0	2,199 115	,546 0	1,782 0	,695 05
	30	2,207 842	,549 9	1,786 8	,701 99

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
127	0	2,216 568	0,553 8	1,789 9	0,708 97
	30	2,225 295	,557 7	1,793 7	,715 97
128	0	2,234 021	,561 6	1,797 6	,723 01
	30	2,242 748	,565 6	1,801 4	,730 07
129	0	2,251 475	,569 5	1,805 2	,737 16
	30	2,260 202	,573 4	1,808 9	,744 29
130	0	2,268 928	,577 4	1,812 6	,751 44
	30	2,277 655	,581 3	1,816 3	,758 62
131	0	2,286 381	,585 3	1,819 9	,765 84
	30	2,295 108	,589 3	1,823 5	,773 08
132	0	2,303 835	,593 3	1,827 1	,780 34
	30	2,312 562	,597 3	1,830 6	,787 64
133	0	2,321 288	,601 3	1,834 1	,794 97
	30	2,330 015	,605 3	1,837 6	,802 32
134	0	2,338 741	,609 3	1,841 0	,809 70
	30	2,347 468	,613 3	1,844 4	,817 11
135	0	2,356 194	,617 3	1,847 8	,824 54
	30	2,364 922	,621 4	1,851 1	,832 01
136	0	2,373 648	,625 4	1,854 4	,839 49
	30	2,384 375	,629 4	1,857 6	,848 01
137	0	2,391 101	,633 5	1,860 8	,854 55
	30	2,399 828	,637 6	1,864 0	,862 12
138	0	2,408 554	,641 6	1,867 2	,869 71
	30	2,417 281	,645 7	1,870 3	,877 33
139	0	2,426 008	,649 8	1,873 3	,884 97
	30	2,434 735	,653 9	1,876 4	,892 64
140	0	2,443 461	,658 0	1,879 4	,900 34
	30	2,452 188	,662 1	1,882 4	,908 05
141	0	2,460 914	,666 2	1,885 3	,915 80
	30	2,469 641	,670 3	1,888 2	,923 56
142	0	2,478 367	,674 4	1,891 0	,931 35
	30	2,487 095	,678 6	1,893 9	,939 17
143	0	2,495 821	,682 7	1,896 6	,947 00
	30	2,504 548	,866 8	1,899 4	,954 86
144	0	2,513 274	,691 0	1,902 1	,962 74
	30	2,522 001	,695 1	1,904 8	,970 65
145	0	2,530 727	,699 3	1,907 4	,978 58
	30	2,539 454	,703 5	1,910 0	,986 52
146	0	2,548 181	,707 6	1,912 6	,994 49
	30	2,556 908	,711 8	1,915 1	1,002 48
147	0	2,565 634	,716 0	1,917 6	1,010 50
	30	2,574 361	,720 2	1,920 1	1,018 53
148	0	2,583 087	,724 4	1,922 5	1,026 58
	30	2,591 814	,728 5	1,924 9	1,034 66
149	0	2,600 541	,732 8	1,927 3	1,042 75
	30	2,609 268	,737 0	1,929 6	1,050 86
150	0	2,617 994	,741 2	1,931 9	1,059 00
	30	2,626 721	,745 4	1,934 1	1,067 15
151	0	2,635 447	,749 6	1,936 3	1,075 32
	30	2,644 174	,753 8	1,938 5	1,083 51
152	0	2,652 900	,758 1	1,940 6	1,091 71
	30	2,661 628	,762 3	1,942 7	1,099 94
153	0	2,670 354	,766 6	1,944 7	1,108 18
	30	2,679 081	,770 8	1,946 8	1,116 44

Middelpuntshoek φ Gr.	Min.	Booglengte	Pijl	Koorde	Inhoud segment
154	0	2,687 807	0,775 0	1,948 7	1,124 72
	30	2,696 534	,779 3	1,950 7	1,133 01
155	0	2,705 260	,783 6	1,952 6	1,141 32
	30	2,713 987	,787 8	1,954 5	1,149 65
156	0	2,722 714	,792 1	1,956 3	1,157 99
	30	2,731 441	,796 4	1,958 1	1,166 37
157	0	2,740 167	,800 6	1,959 8	1,174 72
	30	2,748 894	,804 9	1,961 6	1,183 10
158	0	2,757 620	,809 2	1,963 2	1,191 51
	30	2,766 347	,813 5	1,964 9	1,199 92
159	0	2,775 073	,817 8	1,966 5	1,208 35
	30	2,783 801	,822 1	1,968 1	1,216 80
160	0	2,792 527	,826 4	1,969 6	1,225 22
	30	2,801 254	,830 7	1,971 1	1,233 72
161	0	2,809 980	,835 0	1,972 6	1,242 21
	30	2,818 707	,839 3	1,974 0	1,250 70
162	0	2,827 433	,843 6	1,975 4	1,259 21
	30	2,836 160	,847 9	1,976 7	1,267 73
163	0	2,844 887	,852 2	1,978 0	1,276 26
	30	2,853 614	,856 5	1,979 3	1,284 80
164	0	2,862 340	,860 8	1,980 5	1,293 35
	30	2,871 067	,865 1	1,981 7	1,300 91
165	0	2,879 793	,869 5	1,982 9	1,310 49
	30	2,888 520	,873 8	1,984 0	1,319 03
166	0	2,897 246	,878 1	1,985 1	1,327 66
	30	2,905 974	,882 5	1,986 1	1,336 26
167	0	2,914 700	,886 8	1,987 1	1,344 89
	30	2,923 427	,891 1	1,988 1	1,353 49
168	0	2,932 153	,895 5	1,989 0	1,362 12
	30	2,940 880	,899 8	1,989 9	1,370 76
169	0	2,949 606	,904 2	1,990 8	1,379 40
	30	2,958 333	,908 5	1,991 6	1,388 04
170	0	2,967 060	,912 8	1,992 4	1,396 71
	30	2,975 787	,917 2	1,993 1	1,405 37
171	0	2,984 513	,921 5	1,993 8	1,414 04
	30	2,993 240	,925 9	1,994 5	1,422 71
172	0	3,001 966	,930 2	1,995 1	1,431 40
	30	3,010 693	,934 6	1,995 7	1,440 08
173	0	3,019 420	,939 0	1,996 3	1,448 78
	30	3,028 147	,943 3	1,996 8	1,547 47
174	0	3,036 873	,947 7	1,997 3	1,466 17
	30	3,045 600	,952 0	1,997 7	1,479 88
175	0	3,054 321	,956 4	1,998 1	1,483 59
	30	3,063 053	,960 7	1,998 5	1,492 30
176	0	3,071 779	,965 1	1,998 8	1,501 01
	30	3,080 507	,969 5	1,999 1	1,509 73
177	0	3,089 233	,973 8	1,999 3	1,518 45
	30	3,097 960	,978 2	1,999 5	1,527 17
178	0	3,106 686	,982 5	1,999 7	1,535 89
	30	3,115 413	,987 0	1,999 8	1,544 62
179	0	3,124 139	,991 3	1,999 9	1,553 34
	30	3,132 866	,995 6	1,999 9	1,562 07
180	0	3,141 593	1,000 0	2,000 0	1,570 80

Hulptabel.

Proportioneele deelen van de booglengte voor Min. en Sec.

Min. of Sec.	Prop. deelen voor Min.	Prop. deelen voor Sec.	Min. of Sec.	Prop. deelen voor Min.	Prop. deelen voor Sec.
1	291	5	31	9 018	150
2	582	10	32	9 308	155
3	873	15	33	9 599	160
4	1 164	19	34	9 890	165
5	1 454	24	35	10 181	170
6	1 745	29	36	10 472	175
7	2 036	34	37	10 763	179
8	2 327	39	38	11 054	184
9	2 618	44	39	11 345	189
10	2 909	48	40	11 636	194
11	3 200	53	41	11 926	199
12	3 491	58	42	12 217	204
13	3 782	63	43	12 508	208
14	4 072	68	44	12 799	213
15	4 363	73	45	13 090	218
16	4 654	78	46	13 381	223
17	4 945	82	47	13 672	228
18	5 236	87	48	13 963	233
19	5 527	92	49	14 254	238
20	5 818	97	50	14 544	242
21	6 109	102	51	14 835	247
22	6 400	107	52	15 126	252
23	6 690	112	53	15 417	257
24	6 981	116	54	15 708	262
25	7 272	121	55	15 999	267
26	7 563	126	56	16 290	271
27	7 854	131	57	16 581	276
28	8 145	136	58	16 872	281
29	8 436	141	59	17 162	286
30	8 727	145	60	17 453	291

Waarden van den hoek ρ, waarvan de booglengte gelijk aan den straal r is:

$$\text{in graden} \quad \rho^\circ = \frac{180}{\pi} = 57{,}295\,779\,51^\circ,$$

$$\text{,, minuten} \quad \rho' = \frac{10\,800}{\pi} = 3\,437{,}746\,77',$$

$$\text{,, secunden} \quad \rho'' = \frac{648\,000}{\pi} = 206\,264{,}806'',$$

Voor den straal $r = 1$ is de lengte van den cirkelboog:

$$\text{voor 1 graad} = \frac{1}{\rho^\circ} = \frac{\pi}{180} = 0{,}017\,453\,29,$$

$$\text{,, 1 minuut} = \frac{1}{\rho'} = \frac{\pi}{10\,800} = 0{,}000\,290\,89,$$

$$\text{,, 1 secunde} = \frac{1}{\rho''} = \frac{\pi}{648\,000} = 0{,}000\,004\,85.$$

Gelijkwaardige uitdrukkingen voor hellingen.

Helling uitgedrukt in hoogte tot basis 1 op n. of tangens van den hellingshoek. Alzoo n = cot α.	Procenten.	Hellingshoek in graden.
n = 0,50	—	63°.26′
0,58	—	60°
1	100,	45°
1¹/₃	75,2	36°.52′
1½	66,7	33°.41′
1¾	57,2	30°
2	50,	26°.35′
2¼	44,4	23°.58′
2½	40,—	21°.48′
2¾	36,4	19°.59′
3	33,3	18°.26′
3½	28,6	15°.56′
4	25,—	14°.2′
4½	22,2	12°.33′
5	20,—	11°.19′
5½	18,2	10°.20′
6	16,6	9°.25′
7	14,3	8°.8′
8	12,5	7°.7′
9	11,1	6°.20′
10	10,—	5°.43′

Aanmerking: Hierbij moet opgemerkt worden, dat vele directies de gewoonte volgen bij grondwerken hellingen aan te geven door eerst den horizontalen afstand en daarna den verticalen afstand te geven; dit is dus het omgekeerde van kolom I en de cotangens van den hoek, dien de helling met het horizontale vlak maakt.

Rekenkunde.

(afgekorte rekenwijze).

Afkorten van getallen.

Bij het afkorten van getalswaarden laat men 0, 1, 2, 3 en 4 achter het decimaalteeken eenvoudig weg, maar verhoogt daarentegen het voorlaatste cijfer met 1, wanneer 5, 6, 7, 8 en 9 worden weggelaten, alzoo

5,3 afgekort 5
7,5 ,, 8, enz.

Optellen en aftrekken.

Afgekorte rekenwijze:

Heeft men verschillende decimaalgetallen op te tellen, welke slechts tot een zekere decimaal nauwkeurig zijn, dan zal de som tot nog minder decimalen nauwkeurig zijn. Is de laatste decimaal niet meer dan een halve eenheid nauwkeurig, dan zal in het ongunstigste geval de som van 20 dergelijke getallen op 2 decimalen minder nauwkeurig zijn. Men moet dus in dit laatste geval om een som op b.v. 4 decimalen nauwkeurig te hebben, elk getal in 6 decimalen nauwkeurig opschrijven. Hetzelfde geldt voor het aftrekken.

Het aftrekken gaat in het algemeen het nauwkeurigst door optellen, vooral in geld. Heeft men b.v. b van a af te trekken, dan kan men zetten

$$a - b = a + \left\{ (n \times 10 - b) - n \times 10 \right\}$$

waarin de laatste factor het „decadisch complement" of *cpl* van b, waarbij n steeds

dat kleinste veelvoud van 10 genomen wordt ,waarvan b nog af te trekken is. Bijv.:

$$a = 5.34267$$
$$b = 4.67523$$
$$a - b = 0.66744$$

of ook

$$\begin{array}{rl} & 10 \quad - 10 \\ & 4.67523 \\ \hline cpl.\ b & 5.32477 - 10 \end{array}$$

of ook geschreven * 5.32477
opgeteld 5.34267

alzoo $a - b = a + cpl\ b = 0.66744$

Vermenigvuldigen.

Afgekorte rekenwijze.

In het algemeen begint men hierbij met het linksche cijfer van den vermenigvuldiger, b.v.

```
   7,56
   3,28
 ------
 22,68|
  1,51|2
    60|48
 ------
 24,79|68
```

Wil men de uitkomst alleen in twee decimalen weten, dan zijn dus de cijfers rechts van de streep feitelijk overbodig. Men gaat dan vlugger te werk als volgt:

```
   7,56
 × 3,28
 ------
  22 68
   1 51
     60
 ------
  24,79
```

Vermenigvuldig met 3, waardoor men het product 2268 krijgt; streep daarna het cijfer drie door. Daar niet meer naar rechts behoeft te worden opgeschreven, streept men ook zes door, maar neemt voor het product $2 \times 6 = 12$, zijnde afgekort 10, deze als 1 bij het product 2×5. Zoo gaat men door, waarbij men elken keer een cijfer van vermenigvuldiger en van het getal wegstreept.

Men neme voor den vermenigvuldiger steeds het getal met het grootst aantal (overbodige) cijfers, alzoo 21,5 × 3,7498, enz.

Om de plaats van de komma te bepalen, verschuift men die in den vermenigvuldiger zooveel naar links of rechts, tot één vermenigvuldigcijfer voor de komma blijft. In het te vermenigvuldigen getal moet de komma dan evenveel in omgekeerde richting naar rechts of links worden verschoven. De plaats van de komma wordt dan direct in het eerste product bepaald, b.v.:

te vermenigvuldigen 37,294 × 2,85
dus om te keeren 2,85 × 37,294
en de komma te verplaatsen 28,5 × 3,729 4.

```
   28,5
   3,7294
  -------
   85,5
   20,0
    0,6
  -------
  106,1
```

Deelen.

Afgekorte rekenwijze.

Deze sluit aan bij de gevolgde wijze voor het vermenigvuldigen. Men verschuift hierbij de komma van den deeler, tot één cijfer voor de komma blijft. De komma van het deeltal is even ver in dezelfde richting te verschuiven.

Het aantal cijfers is zoo te kiezen, dat bij de vorming van het eerste deelproduct onder elk cijfer van het deeltal een cijfer staat; al het overige is af te korten. Voorbeeld

```
  237,85 : 46,913
= 23,785 : 4,6913 = 5,070
  23,457
  ------
     328
     328
  ------
       0
```

De laatste nul is als te zijn juist berekend, mede in het quotiënt op te nemen. Had men een rest bijv. 2, dan was het cijfer 7 gebleven, omdat 2 kleiner is dan de helft van 5; was de rest 3, dan moest de 7 in 8 worden veranderd.

Stelkunde (formules).

Producten en machten.

$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2.$

$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2.$

$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3.$

$$(a \pm b)^n = a^n \pm na^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} b^2 \pm \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3} b^3 + \ldots + b^n$$

Wanneer n een positief geheel getal is en ook als b gelegen is tusschen $-a$ en $+a$ en n geen positief, geheel getal is.

Wortels.

$$a^\circ = 1$$
$$0^a = 0$$
$$0^\circ = \text{onbepaald}$$

$$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} \qquad \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$\sqrt[n]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-1/n} \qquad \sqrt[m]{a^n} = (\sqrt[m]{a})^n = a^{\frac{n}{m}}$$

$$\sqrt{a} + \sqrt{b} = \sqrt{a + b + 2\sqrt{ab}}$$

$$\left.\begin{aligned} \sqrt{a^2 \pm b} &= a \pm \frac{b}{2a} \\ \sqrt[3]{a^3 \pm b} &= a \pm \frac{b}{3a^2} \end{aligned}\right\} \text{benaderd, wanneer b ten opzichte van a zeer klein is.}$$

Men kan van deze benadering gebruik maken bij het opzoeken van wortels van getallen, welke niet in hun geheel in een tafel te vinden zijn, bijv.:

$$\sqrt{279,35} = \sqrt{279 + 0,35} = 16,7033 + \frac{0,35}{2 \times 16,7033} = 16,7033 + 0,0147 = 16,718.$$

$$\sqrt[3]{1007} = \sqrt[3]{1000 + 7} = 10 + \frac{7}{300} = 10,023$$

$\sqrt{a^2 + b^2} = 0,96\,a + 0,398\,b$, bij benadering, wanneer $a > b$ en waarbij de fout kleiner is dan 4 % der werkelijke waarde.

$\sqrt{a^2 + b^2 + c^2} = 0,939\,a + 0,389\,b + 0,297\,c$, bij benadering, wanneer $a > b > c$ en waarbij de fout kleiner is dan 6 % der werkelijke waarde.

Imaginaire grootheden.

$i = \sqrt{-1} \qquad i^2 = -1$

Is $a + bi = 0$, zoo is $a = 0$ en $b = 0$

$\cos x + i \sin x = e^{ix}$

$\cos x - i \sin x = e^{-ix}$

Evenredigheden.

Evenredigheid: $a : b = c : d$

met de volgende eigenschappen:

$$ad = bc$$

$$(a \pm b) : (c \pm d) = \begin{cases} a : c \\ b : d \end{cases}$$

$$(a + b) : (c + d) = (a - b) : (c - d)$$

$$a^n : b^n = c^n : d^n$$

$$\sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{c} : \sqrt[n]{d}$$

d is de 4e evenredige tot a, b en c.

Gedurige meetkundige evenredigheid:

$$a : x = x : b$$

waarin x = 3e of meetkundig middelevenredige tot a en b en gelijk aan $\sqrt{ab}$.
Gedurige rekenkunstige evenredigheid als:

$$a - b = b - c$$

waarin b = tweede rekenkundig middelevenredige tusschen a en c en gelijk aan $\frac{a+c}{2}$.

Gedurige harmonische evenredigheid als:

$$(a - x) : (x - b) = a : b$$

waarin x = harmonisch middelevenredige tusschen a en b of

$$x = \frac{2ab}{a+b}$$

Reeksen.

a = eerste term.
t_p = pde term.
v = verschil.
r = reden.
n = aantal termen.
s = som der termen.
l = laatste term.

Rekenkundige reeks. (reeks van de 1e orde):

$$t_p = a + (p - 1)\,v$$

$$s = \frac{n}{2}\,(a + l)$$

Interpolatieformule voor p termen tusschen twee getallen a en b:

$$v = \frac{b - a}{p + 1}$$

Meetkundige reeks.

$$t_p = a\,r^{p-1}$$

$$s = a\,\frac{1 - r^n}{1 - r} = a\,\frac{r^n - 1}{r - 1}$$

bij $r < 1$ en $n = \infty$ is $s = \frac{a}{1 - r}$

Interpolatieformule voor p termen tusschen twee getallen a en b:

$$r = \sqrt[p+1]{\frac{b}{a}}$$

Reeksen van hoogere orde.
Is de eerste term van de reeks = a en die van de achtereenvolgende reeksen der verschillen = v, zoo is de pde term van een reeks van de nde orde:

$$t_p = a + \frac{p-1}{1}\,v_1 + \frac{(p-1)\,(p-2)}{1\,.\,2}\,v_2 + \frac{(p-1)\,(p-2)\,(p-3)}{1\,.\,2\,.\,3}\,v_3 + \ldots$$

$$+ \frac{(p-1)\,(p-2)\,\ldots\,(p-n)}{1\,.\,2\,\ldots\,n}\,v_n$$

Verder is t_{n+1} van de hulpreeks, waarvan de eerste term = 0 is en waarvan de reeks der eerste verschillen de oorspronkelijke reeks is, gelijk aan de som der n termen van de oorspronkelijke reeks of

$$s_n = na + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,v_1 + \frac{n\,(n-1)\,(n-2)}{1\,.\,2\,.\,3}\,v_2 + \ldots$$

Aangezien de algemeene term van een reeks van de nde orde van den nden graad is, is elke vorm van den nden graad als een term uit een reeks van de nde orde te beschouwen, zooals:

$$a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots\, px^n$$

Heeft men in waarnemingen n gegevens, dan zijn deze voldoende om een reeks te vormen van de n—1ste orde, waaruit de waarschijnlijke uitkomst van een andere niet gedane waarneming is af te leiden. Door x achtereenvolgens te vervangen door de ordegetallen der gegevens, als termen beschouwd, krijgt men n vergelijkingen, waaruit a, b, c .... p zijn op te lossen. Substitueert men alsdan voor x het ordegetal van het te vinden gegeven, zoo is daarmede dit gegeven gevonden.

Voorbeeld: Men heeft waargenomen, dat de thermometer 's morgens om 8 uur stond op 15°, om 9 uur op 17°, om 12 uur op 24° en om 2 uur op 29° en men wil den stand van den thermometer weten om half twee. Daarvoor beschouwt men 15°, 17°, 24° en 29° achtereenvolgens als den 1en, 2en, 5en en 7en term van een reeks waarvan nu de 6½ term te bepalen is. (Ieder uur der waarneming later is nl. een volgende term.) Daar er vier gegevens zijn, kan men een reeks van de 3e orde afleiden.

Algemeene term daarvan is:

$a + bx + cx^2 + dx^3$, waarin x te substitueeren door 1, 2, 5 en 7

alzoo:

$$\begin{aligned} a + b + c + d &= 15 \\ a + 2b + 4c + 8d &= 17 \\ a + 5b + 25c + 125d &= 24 \\ a + 7b + 49c + 343d &= 29 \end{aligned}$$

waaruit

$$d = -\frac{1}{120}$$

$$c = \frac{3}{20}$$

$$b = 1\frac{73}{120}$$

$$a = 13\tfrac{1}{4}.$$

Voor den gevraagden term vindt men dan

$$13\tfrac{1}{4} + 1\frac{73}{120}x + \frac{3}{20}x^2 - \frac{1}{120}x^3$$

waarin x door 6½ gesubstitueerd, de vermoedelijke stand van den thermometer om half twee, bepaald is, nl.

$$13\tfrac{1}{4} + 1\frac{73}{120} \times 6\tfrac{1}{2} + \frac{3}{20} \times \left(\frac{13}{2}\right)^2 - \frac{1}{120}\left(\frac{13}{2}\right)^3 = 27\frac{723°}{960}.$$

Determinanten.

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix} b_1 & c_1 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix} b_1 & c_1 \\ b_2 & c_2 \end{vmatrix}$$

$$= a_1 A_1 - a_2 A_2 + a_3 A_3$$

1. Een determinant van n rijen en n kolommen is van den nden graad.
2. In een determinant kan men de rijen met de kolommen verwisselen:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}$$

3. Verwisselt men twee rijen of twee kolommen, zoo verschillen de waarden van de determinanten slechts in teeken.
4. Zijn twee rijen of twee kolommen gelijk, dan is de determinant = 0.
5. Worden alle elementen van een rij of kolom met hetzelfde getal vermenigvuldigd of door hetzelfde getal gedeeld, dan wordt de geheele determinant met dit getal vermenigvuldigd of er door gedeeld.
6. Verandert men het teeken van alle elementen in een rij of in een kolom, dan verandert de geheele determinant van teeken.
7. Zijn alle elementen op een zijde van een diagonaal gelijk nul, zoo is de geheele determinant gelijk aan dit diagonaallid.
8. Worden de elementen van een rij of kolom met de onderdeterminanten, die tot de elementen van een andere rij of kolom behooren, vermenigvuldigd, dan is de som van deze producten nul.
9. Worden de gezamenlijke elementen van een rij of kolom met denzelfden

factor vermenigvuldigd en dit product bij de elementen van een andere rij of kolom opgeteld, zoo blijft de waarde van den determinant dezelfde.

10. De toegevoegde van een determinant van den n^{den} graad is de $n-1^{ste}$ macht van den hoofddeterminant.

Vergelijkingen.

Vergelijkingen van den 1en graad.

a. Uit $a_1 x + b_1 y = c_1$ en $a_2 x + b_2 y = c_2$ vindt men

$$x = \begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$$

$$y = \begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$$

b. Willen de waarden van x en y uit

$$\left.\begin{matrix} a_1 x + b_1 y + c_1 = 0 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 = 0 \end{matrix}\right\} \text{voldoen aan}$$

$$a_3 x + b_3 y + c_3 = 0, \text{ dan moet}$$

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 0$$

c. Uit

$$\left.\begin{matrix} a_1 x + b_1 y + c_1 z = d_1 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z = d_2 \\ a_3 x + b_3 y + c_3 z = d_3 \end{matrix}\right\} \text{waarbij} \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = D$$

vindt men

$$-x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} : D$$

$$-y = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix} : D$$

$$-z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix} : D$$

Heeft men *n* vergelijkingen met *n* onbekenden, dan elimineert men achtereenvolgens dezelfde onbekende *n*—1 maal uit de paarsgewijze genomen vergelijkingen, daarna een tweede onbekende uit de *n*—1 nieuwe vergelijkingen, enz. tot men één onbekende in één vergelijking overhoudt, b.v.:

$$\begin{array}{rl}
(1) & 3x - 5y + z = 8 \\
(2) & 2x + y - 7z = 2 \\
(3) & x - 3y + 2z = 13 \\
(1)\times 7 + (2) \text{ wordt} & 21x - 35y + 7z = 56 \\
& 2x + y - 7z = 2 \\
(4) & 23x - 34y = 58 \\
(2)\times 2 + (3)\times 7 \text{ wordt} & 4x + 2y - 14z = 4 \\
& 7x - 21y + 14z = 91 \\
(5) & 11x - 19y = 95 \\
(4) - (5)\times \frac{34}{19} \text{ wordt} & 23x - 34y = 58 \\
& 19{,}68x - 34y = 170 \\
& 3{,}32x = -112 \\
& x = -33{,}7 \text{ enz.}
\end{array}$$

Vergelijkingen van den 2en graad.

Uit $x^2 + px + q = 0$ is

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

en uit $ax + bx + c = 0$ is

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Vergelijkingen van den 3en graad.

$$x^3 + a x^2 + b x + c = 0$$

kan door substitutie van $x = y - \frac{a}{3}$ worden gebracht in den vorm

$$y^3 + p y + q = 0$$

waarin

$$p = b - \frac{a^2}{3} \text{ en } q = c + \frac{2}{27} a^3 - \frac{a b}{3}$$

Volgens de Cardanische formule is dan een der wortels

$$y = \sqrt[3]{-\left(\frac{q}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\left(\frac{q}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$$

1. Is $p \geqq 0$ of is $p < 0$ maar $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{2^4} > 0$, dan geeft deze formule den eenigen reëelen wortel; de beide andere. zijn imaginair.

2. Is $p < 0$ en $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = 0$, dan is $y = -2 \sqrt[3]{\frac{q}{2}}$; de beide andere wortels zijn eveneens reëel en beide $= \sqrt[3]{\frac{q}{2}}$

3. Zijn p en $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} < 0$, dan zijn alle drie wortels reëel, doch de formule wordt onherleidbaar.

Algemeene oplossing van hoogere algebraïsche en transcendente vergelijkingen.

In het algemeen kan men door het geven van bepaalde waarden en graphisch opteekenen dier gesubstitueerde waarden de wortels benaderen; b.v. gegeven de vergelijking

$$3 x^4 - 5 x - 2 = 0$$

voor $x = -1$ wordt de f (x) $3 + 5 - 2 = +6$
voor $x = +1$ wordt de f (x) $3 - 5 - 2 = -4$

Graphisch uitgezet vindt men bij verbinding dezer wortelwaarden $f(x) = 0$, voor $x = -0.22$. Dat men daarbij niet ver van de waarheid af is, blijkt bij substitutie van $x = -0.22$ nl.:

$$0.00702 + 1.1 - 2 = -0.893 \text{ in plaats van } 0,$$

terwijl een der werkelijke wortels $x = -0.39$ is.

Evenwel doet men goed de graphische kromme door 3 of meer punten te bepalen.

Men kan de vergelijking ook schrijven:

$$3 x^4 = 5 x + 2$$

en daarmede met $f(x) = 3 x^4$ twee krommen construeeren voor twee verschillende waarden van x (b.v. + 1 en — 1). De abscissen der snijpunten dezer krommen geven dan de gezochte wortels van de oorspronkelijke vergelijking.

Voor nauwkeuriger uitkomsten ga men als volgt te werk:

Men weet voor een vereglijking $f(x) = 0$, dat door beproeven of uit een tabel de waarde van den reëelen wortel x moet liggen tusschen a en b, waarbij noch de eerste afgeleide of de vergelijking $f'(x)$ en noch de tweede afgeleide $f''(x)$ een wortel mogen hebben, gelegen tusschen a en b. In dit geval zijn twee aan den wortel dichtbijgelegen waarden de volgende getallen:

$$a - \frac{f(a)}{f'(a)} \text{ en } b - \frac{f(b)}{f'(a)}$$

n geval namelijk f (a) en f″ (a) gelijk teeken hebben

Bezitten zij tegengesteld teeken, dan zijn de twee benaderingswaarden

$$a - \frac{f(a)}{f'(b)} \text{ en } b - \frac{f(b)}{f'(b)}$$

waarin f′(a) dan beduidt die waarde van f′(x), waarbij x door a vervangen is, enz

Logarithmen.

Litteratuur.

F. G. Gauss, 5-stellige vollständige logar. u. trigon. Tafeln.

Heeft men $a = b^x$, dan is x de logarithme van a bij de basis b of $x = {}^b\log a$.
log = algemeene aanduiding voor de gewone of Briggiaansche logarithmen met het grondtal of de basis 10.
nat. log of lg = algemeene aanduiding voor de natuurlijke of Neperiaansche logarithmen met het grondtal

$$e = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} + \text{enz. of} = 2{,}718\ 281\ 8.$$

Voor de verandering van de gewone logarithmen in de natuurlijke en omgekeerd, heeft men:

$$\lg a = \log a \lg 10 = \frac{\log a}{\log e} \text{ en } \log a = \lg a \log e = \lg a \frac{1}{\lg 10},$$

$$\text{waarbij } \log e = 0{,}434\ 294\ 48 \text{ en } \lg 10 = \frac{1}{\log e} = 2{,}302\ 585\ 093.$$

In beide stelsels bestaan de volgende betrekkingen:

$$\log \text{ of } \lg 1 = 0$$
$$\log \text{ of } \lg 0 = -\infty$$
$$\log ab = \log a + \log b$$
$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$
$$\log a^n = n \log a$$
$$\log \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \log a$$
$$\log \sqrt{a^2 + b^2} = \log b - \log \cos \alpha, \text{ waarbij } \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$
$$\log \sqrt{a^2 - b^2} = \log a + \log \sin \alpha, \text{ waarbij } \cos \alpha = \frac{b}{a}$$

De wijzer (index) of het aantal geheelen in de gewone logarithme van een getal is altijd 1 minder dan het aantal cijfers van dat getal. Het toevoegsel (mantisse) of de decimalen in de logarithme van een getal met decimaalteeken is gelijk aan dat van hetzelfde getal zonder decimaalteeken.

Met een n-decimalige logarithmentafel kan men alleen zuiver getallen van n cijfers vinden.

Voor de berekening met logarithmen is het gebruik der vijfdecimalige tafel voor vele gevallen voldoende. Men bereikt er een nauwkeurigheid mede, welke zelfs in de ongunstigste gevallen $\frac{1}{86\ 858}$ bedraagt, welke nauwkeurigheid bij meten, wegen, enz. zelfs niet wordt bereikt. Ten behoeve van natuurkundige berekeningen zijn vierdecimalige logarithmen en voor technische berekeningen driedecimalige voldoende nauwkeurig; het omslaan der bladen geeft het meeste tijdverlies. Alleen bij renteberekening, vooral daar waar de logarithme met groote getallen (het aantal jaren) moet worden vermenigvuldigd, zal men het 7-decimalige stelsel moeten bezigen. Onder de logarithmentafels, welke zijn gepubliceerd met een groot aantal decimalen, maar slechts op weinig getallen betrekking hebbend, zijn te noemen die van Wolfram met 48 decimalen, van Sharp met 61 decimalen, van Parkhurst met 102 decimalen en van Adams met 260 decimalen.

Gewone of Briggiaansche logarithmen

log. van alle getallen van 1 tot 1000.

Grondtal van het stelsel = 10.

De in de kolommen (tafels bldz. 185 t/m 187) gegeven getallen zijn de mantissen der logarithmen van de getallen. Heeft het getal, waarvan de logarithme moet worden bepaald, een cijfer meer, dan kan de mantisse van de logarithme van dit getal eenigszins worden benaderd door aan de opgegeven mantisse van het getal zonder het genoemde cijfer, zooveel maal het $\frac{1}{10}$ gedeelte van het verschil met de mantisse van de volgende kolom toe te voegen, als de grootte van het toe te voegen cijfer bedraagt, b.v.:

te berekenen log 1013.

log 1010 = 3,004 321, verschil met volgende kolom is 4279

voor 3 : 3 × 427,9 = 1 283,7

log 1013 = 3,005 604 7 (juister 3,005 609 4).

Logarithmen van constanten.

$\log \pi = 0{,}497\ 15$

$\log e = 0{,}434\ 29$

$\log \rho^\circ = 1{,}758\ 12 \qquad \log \frac{1}{\rho^\circ} = {}^*8.241\ 88$

$\log \rho' = 3{,}536\ 27 \qquad \log \frac{1}{\rho'} = {}^*6.463\ 73$

$\log \rho'' = 5{,}314\ 43 \qquad \log \frac{1}{\rho''} = {}^*4.865\ 57$

Natuurlijke of Neperiaansche logarithmen.

Lg. van de getallen tusschen 1 en 10 (tafels blz. 188—190).

Gaussische logarithmen.

Om de logarithmen te vinden van de som of van het verschil van twee getallen, waarvan alleen de logarithmen gegeven zijn, kan men gebruik maken van de z.g. Gaussische logarithmen. Deze tafels bevatten de logarithmen van twee getallen A en B welke 1 verschillen.

Heeft men b.v. de beide logarithmen log a = 3,260 91 en log. b = 3,184 45 gegeven, dan trekt men deze van elkaar af (en wel liefst het grootste getal van het kleinste) of

$$\log b - \log a = 9{,}923\ 54 - 10$$

zoekt dit onder A op en vindt dan B = 0,264 48.

Alzoo is de logarithme van het 1 grootere getal dan dat, waarvan de logarithme door het verschil der logarithmen (log b — log a) der getallen a en b wordt uitgedrukt gelijk aan 0,264 48. De logarithme van de som der getallen a en b wordt dan

$$\log (a + b) = \log a + B = 3{,}260\ 91 + 0{,}264\ 48 = 3{,}525\ 39.$$

Getal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Getal
10	000 000	004 321	008 600	012 837	017 033	021 109	025 306	029 384	033 424	037 426	10
11	041 393	045 323	049 218	053 078	056 905	060 698	064 458	068 186	071 882	075 547	11
12	079 181	082 785	086 360	089 905	093 422	096 910	100 370	103 804	107 210	110 590	12
13	113 943	117 271	120 574	123 852	127 105	130 334	133 539	136 721	139 879	143 015	13
14	146 128	149 219	152 288	155 336	158 362	161 368	164 353	167 317	170 262	173 186	14
15	176 091	178 977	181 844	184 691	187 521	190 332	193 125	195 900	198 657	201 397	15
16	204 120	206 826	209 515	212 188	214 844	217 484	220 108	222 716	225 309	227 887	16
17	230 449	232 996	235 528	238 046	240 549	243 038	245 513	247 973	250 420	252 853	17
18	255 272	257 679	260 071	262 451	264 818	267 172	269 513	271 842	274 158	276 462	18
19	278 754	281 033	283 301	285 557	287 802	290 035	292 256	294 466	296 665	298 853	19
20	301 030	303 196	305 351	307 496	309 630	311 754	313 867	315 970	318 063	320 146	20
21	322 219	324 282	326 336	328 380	330 414	332 438	334 454	336 460	338 456	340 444	21
22	342 423	344 392	346 353	348 305	350 248	352 182	354 108	356 026	357 935	359 835	22
23	361 728	363 612	365 488	367 356	369 216	371 068	372 912	374 748	376 577	378 398	23
24	380 211	382 017	383 815	385 606	387 390	389 166	390 935	392 697	394 452	396 199	24
25	397 940	399 674	401 400	403 120	404 834	406 540	408 240	409 933	411 620	413 300	25
26	414 973	416 640	418 301	419 956	421 604	423 246	424 882	426 511	428 135	429 752	26
27	431 364	432 969	434 569	436 163	437 751	439 333	440 909	442 480	444 045	445 604	27
28	447 158	448 706	450 249	451 786	453 318	454 845	456 366	457 882	459 392	460 898	28
29	462 398	463 893	465 383	466 868	468 347	469 822	471 292	472 756	474 216	475 671	29
30	477 121	478 566	480 007	481 443	482 874	484 300	485 721	487 138	488 551	489 958	30
31	491 362	492 760	494 155	495 544	496 930	498 311	499 687	501 059	502 427	503 791	31
32	505 150	506 505	507 856	509 202	510 545	511 883	513 218	514 548	515 874	517 196	32
33	518 514	519 828	521 138	522 444	523 746	525 045	526 339	527 630	528 917	530 200	33
34	531 479	532 754	534 026	535 294	536 558	537 819	539 076	540 329	541 579	542 825	34
35	544 068	545 307	546 543	547 775	549 003	550 228	551 450	552 668	553 883	555 094	35
36	556 302	557 507	558 709	559 907	561 101	562 293	563 481	564 666	565 848	567 026	36
37	568 202	569 374	570 543	571 709	572 872	574 031	575 188	576 341	577 492	578 639	37
38	579 784	580 925	582 063	583 199	584 331	585 461	586 587	587 711	588 832	589 950	38
39	591 065	592 177	593 286	594 393	595 496	596 597	597 695	598 790	599 883	600 973	39

Gewone of Briggiaansche Logarithmen.

Getal	0	0	2	3	4	5	6	7	8	9	Getal
40	602 060	603 144	604 226	605 305	606 381	607 455	608 526	609 594	610 660	611 723	40
41	612 784	613 842	614 897	615 950	617 000	618 048	619 093	620 136	621 176	622 214	41
42	623 249	624 282	625 312	626 340	627 366	628 389	629 410	630 428	631 444	632 457	42
43	633 468	634 477	635 484	636 488	637 490	638 489	639 486	640 481	641 474	642 464	43
44	643 453	644 439	645 422	646 404	647 383	648 360	649 335	650 307	651 278	652 246	44
45	653 212	654 176	655 138	656 098	657 056	658 011	658 965	659 916	660 865	661 813	45
46	662 758	663 701	664 642	665 581	666 518	667 453	668 386	669 317	670 246	671 173	46
47	672 098	673 021	673 942	674 861	675 778	676 694	677 607	678 518	679 428	680 335	47
48	681 241	682 145	683 047	683 947	684 845	685 742	686 636	687 529	688 420	689 309	48
49	690 196	691 081	691 965	692 847	693 727	694 605	695 487	696 356	697 229	698 100	49
50	698 970	699 838	700 704	701 568	702 430	703 291	704 150	705 008	705 864	706 718	50
51	707 570	708 421	709 270	710 117	710 963	711 807	712 650	713 490	714 330	715 167	51
52	716 003	716 838	717 670	718 502	719 331	720 159	720 986	721 811	722 634	723 456	52
53	724 276	725 094	725 912	726 727	727 541	728 354	729 165	729 974	730 782	731 589	53
54	732 394	733 197	733 999	734 800	735 599	736 396	737 193	737 987	738 781	739 572	54
55	740 363	741 152	741 939	742 725	743 510	744 293	745 075	745 855	746 634	747 412	55
56	748 188	748 963	749 736	750 508	751 279	752 048	752 816	753 583	754 348	755 112	56
57	755 875	756 636	757 396	758 155	758 912	759 668	760 422	761 176	761 928	762 679	57
58	763 428	764 176	764 923	765 669	766 413	767 156	767 898	768 638	769 377	770 115	58
59	770 852	771 587	772 322	773 055	773 786	774 517	775 246	775 974	776 701	777 427	59
60	778 151	778 874	779 596	780 317	781 037	781 755	782 473	783 189	783 904	784 617	60
61	785 330	786 041	786 751	787 460	788 168	788 875	789 581	790 285	790 988	791 691	61
62	792 392	793 092	793 790	794 488	795 185	795 880	796 574	797 267	797 960	798 651	62
63	799 340	800 029	800 717	801 404	802 089	802 774	803 457	804 139	804 821	805 501	63
64	806 180	806 858	807 535	808 211	808 886	809 560	810 232	810 904	811 575	812 245	64
65	812 913	813 581	814 248	814 913	815 578	816 241	816 904	817 565	818 226	818 885	65
66	819 544	820 201	820 858	821 513	822 168	822 822	823 474	824 126	824 776	825 426	66
67	826 075	826 722	827 369	828 015	828 660	829 304	829 947	830 589	831 230	831 870	67
68	832 509	833 147	833 784	834 421	835 056	835 691	836 324	836 957	837 588	838 219	68
69	838 849	839 478	840 106	840 733	841 359	841 985	842 609	843 233	843 855	844 477	69

Getal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Getal
70	845 098	845 718	846 337	846 955	847 573	848 189	848 805	849 419	850 033	850 646	70
71	851 258	851 870	852 480	853 089	853 698	854 306	854 913	855 519	856 124	856 729	71
72	857 332	857 935	858 537	859 138	859 739	860 338	860 937	861 534	862 131	862 727	72
73	863 323	863 917	864 511	865 104	865 696	866 287	866 878	867 467	868 056	868 644	73
74	869 232	869 818	870 404	870 989	871 573	872 156	872 739	873 321	873 902	874 482	74
75	875 061	875 640	876 218	876 795	877 371	877 947	878 522	879 096	879 669	880 242	75
76	880 814	881 385	881 955	882 524	883 093	883 661	884 229	884 795	885 361	885 926	76
77	886 491	887 054	887 617	888 179	888 741	889 302	889 862	890 421	890 980	891 537	77
78	892 095	892 651	893 207	893 762	894 316	894 870	895 422	895 975	896 526	897 077	78
79	897 627	898 176	898 725	899 273	899 820	900 367	900 913	901 458	902 003	902 547	79
80	903 090	903 632	904 174	904 715	905 256	905 796	906 335	906 873	907 411	907 948	80
81	908 485	909 021	909 556	910 090	910 624	911 158	911 690	912 222	912 753	913 284	81
82	913 814	914 343	914 872	915 400	915 927	916 454	916 980	917 505	918 030	918 554	82
83	919 078	919 601	920 123	920 645	921 166	921 686	922 206	922 725	923 244	923 762	83
84	924 279	924 796	925 312	925 828	926 342	926 857	927 370	927 883	928 396	928 908	84
85	929 419	929 930	930 440	930 949	931 458	931 966	932 474	932 981	933 487	933 993	85
86	934 498	935 003	935 507	936 011	936 514	937 016	937 518	938 019	938 520	939 020	86
87	939 519	940 018	940 516	941 014	941 511	942 008	942 504	943 000	943 494	943 989	87
88	944 483	944 976	945 469	945 961	946 452	946 943	947 434	947 924	948 413	948 902	88
89	949 390	949 878	950 365	950 851	951 337	951 823	952 308	952 792	953 276	953 760	89
90	954 242	954 725	955 206	955 688	956 168	956 649	957 128	957 607	958 086	958 564	90
91	959 041	959 518	959 995	960 471	960 946	961 421	961 895	962 369	962 843	963 315	91
92	963 788	964 260	964 731	965 202	965 672	966 142	966 611	967 080	967 548	968 016	92
93	968 483	968 950	969 416	969 882	970 347	970 812	971 276	971 740	972 203	972 666	93
94	973 128	973 590	974 051	974 512	974 972	975 432	975 891	976 350	976 808	977 266	94
95	977 724	978 180	978 637	979 093	979 548	980 003	980 458	980 912	981 365	981 819	95
96	982 271	982 723	983 175	983 626	984 077	984 527	984 977	985 426	985 875	986 324	96
97	986 772	987 219	987 666	988 113	988 559	989 005	989 450	989 895	990 339	990 783	97
98	991 226	991 669	992 111	992 554	992 995	993 436	993 877	994 317	994 757	995 196	98
99	995 635	996 074	996 512	996 945	997 386	997 823	998 259	998 695	999 130	999 565	99

Natuurlijke of Neperiaansche logarithmen.

Van de met $\frac{1}{100}$ opklimmende getallen gelegen tusschen 1 en 10. Grondtal van het stelsel e = 2,718 281 828 459.

Getal	HONDERDSTE DEEL VAN HET GETAL										Getal
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1,0	0,000 000	0,009 950	0,019 803	0,029 559	0,039 211	0,048 790	0,058 269	0,067 659	0,076 961	0,086 178	1,0
1,1	0,095 310	0,104 360	0,113 329	0,122 218	0,131 028	0,139 762	0,148 420	0,157 004	0,165 514	0,173 953	1,1
1,2	0,182 321	0,190 620	0,198 851	0,207 014	0,215 111	0,223 143	0,231 112	0,239 017	0,246 860	0,254 642	1,2
1,3	0,262 364	0,270 027	0,277 632	0,285 179	0,292 670	0,300 104	0,307 485	0,314 811	0,322 083	0,329 304	1,3
1,4	0,336 472	0,343 590	0,350 657	0,357 674	0,364 643	0,371 563	0,378 436	0,385 262	0,392 042	0,398 676	1,4
1,5	0,405 465	0,412 110	0,418 710	0,425 268	0,431 782	0,438 255	0,444 686	0,451 076	0,457 425	0,463 734	1,5
1,6	0,470 004	0,476 234	0,482 426	0,488 580	0,494 966	0,500 775	0,506 817	0,512 824	0,518 794	0,524 728	1,6
1,7	0,530 628	0,536 493	0,542 324	0,548 121	0,553 885	0,559 616	0,565 314	0,570 978	0,576 613	0,582 216	1,7
1,8	0,587 787	0,593 327	0,598 836	0,604 316	0,609 765	0,615 186	0,620 576	0,625 938	0,631 272	0,636 577	1,8
1,9	0,641 854	0,647 103	0,652 325	0,657 520	0,662 688	0,667 829	0,672 944	0,678 033	0,683 097	0,688 135	1,9
2,0	0,693 147	0,698 135	0,703 097	0,708 036	0,712 950	0,717 840	0,722 706	0,727 548	0,732 368	0,737 164	2,0
2,1	0,741 937	0,746 688	0,751 416	0,756 122	0,760 806	0,765 468	0,770 108	0,774 727	0,779 325	0,783 901	2,1
2,2	0,788 457	0,792 992	0,797 507	0,802 001	0,806 476	0,810 930	0,815 365	0,819 780	0,824 175	0,828 552	2,2
2,3	0,832 909	0,837 247	0,841 567	0,845 868	0,850 151	0,854 415	0,858 662	0,862 890	0,867 100	0,871 293	2,3
2,4	0,875 469	0,879 627	0,883 767	0,887 891	0,891 998	0,896 088	0,900 161	0,904 218	0,908 258	0,912 283	2,4
2,5	0,916 291	0,920 283	0,924 259	0,928 219	0,932 164	0,936 093	0,940 007	0,943 906	0,947 789	0,951 658	2,5
2,6	0,955 511	0,959 350	0,963 174	0,966 984	0,970 779	0,974 560	0,978 326	0,982 078	0,985 817	0,989 541	2,6
2,7	0,993 252	0,996 949	1,000 632	1,004 301	1,007 958	1,011 601	1,015 231	1,018 847	1,022 451	1,026 041	2,7
2,8	1,029 619	1,033 184	1,036 737	1,040 277	1,043 804	1,047 319	1,050 822	1,054 312	1,057 790	1,061 256	2,8
2,9	1,064 711	1,068 153	1,071 584	1,075 002	1,078 409	1,081 805	1,085 189	1,088 562	1,091 923	1,095 273	2,9
3,0	1,098 612	1,101 940	1,105 257	1,108 563	1,111 857	1,115 141	1,118 415	1,121 677	1,124 929	1,128 171	3,0
3,1	1,131 402	1,134 623	1,137 833	1,141 033	1,144 223	1,147 402	1,150 572	1,153 731	1,156 881	1,160 021	3,1
3,2	1,163 151	1,166 271	1,169 381	1,172 482	1,175 573	1,178 655	1,181 727	1,184 790	1,187 843	1,190 887	3,2
3,3	1,193 922	1,196 948	1,199 965	1,202 972	1,205 971	1,208 960	1,211 941	1,214 913	1,217 875	1,220 830	3,3
3,4	1,223 775	1,226 712	1,229 640	1,232 560	1,235 471	1,238 374	1,241 248	1,244 154	1,247 032	1,249 902	3,4
3,5	1,252 763	1,255 616	1,258 461	1,261 298	1,264 127	1,266 947	1,269 760	1,272 565	1,275 363	1,278 152	3,5
3,6	1,280 934	1,283 708	1,286 474	1,289 233	1,291 984	1,294 727	1,297 463	1,300 192	1,302 913	1,305 626	3,6
3,7	1,308 333	1,311 032	1,313 724	1,316 408	1,319 086	1,321 756	1,324 419	1,327 075	1,329 724	1,332 366	3,7
3,8	1,335 001	1,337 629	1,340 250	1,342 865	1,345 472	1,348 073	1,350 667	1,353 254	1,355 835	1,358 409	3,8
3,9	1,360 976	1,363 537	1,366 092	1,368 639	1,371 181	1,373 716	1,376 244	1,378 766	1,381 282	1,383 791	3,9

Natuurlijke of Neperiaansche logarithmen.

Van de met $\frac{1}{100}$ opklimmende getallen gelegen tusschen 1 en 10. Grondtal van het stelsel e = 2,718 281 828 459.

Getal	HONDERDSTE DEEL VAN HET GETAL										Getal
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4,0	1,386 294	1,388 791	1,391 282	1,393 766	1,396 245	1,398 717	1,401 183	1,403 643	1,406 097	1,408 545	4,0
4,1	1,410 987	1,413 423	1,415 853	1,418 277	1,420 696	1,423 108	1,425 515	1,427 916	1,430 311	1,432 701	4,1
4,2	1,435 084	1,437 463	1,439 835	1,442 202	1,444 563	1,446 919	1,449 269	1,451 614	1,453 953	1,456 287	4,2
4,3	1,458 615	1,460 938	1,463 255	1,465 567	1,467 874	1,470 176	1,472 472	1,474 763	1,477 059	1,479 329	4,3
4,4	1,481 604	1,483 875	1,486 140	1,488 399	1,490 654	1,492 904	1,495 149	1,497 388	1,499 623	1,501 853	4,4
4,5	1,504 077	1,506 297	1,508 512	1,510 722	1,512 927	1,515 127	1,517 323	1,519 513	1,521 699	1,523 880	4,5
4,6	1,526 056	1,528 228	1,530 395	1,532 557	1,534 714	1,536 867	1,539 015	1,541 159	1,543 298	1,545 432	4,6
4,7	1,547 562	1,549 688	1,551 809	1,553 925	1,556 037	1,558 145	1,560 248	1,562 346	1,564 440	1,566 530	4,7
4,8	1,568 816	1,570 697	1,572 774	1,574 846	1,576 915	1,578 979	1,581 038	1,583 094	1,585 145	1,587 192	4,8
4,9	1,589 235	1,591 274	1,593 308	1,595 339	1,597 365	1,599 387	1,601 406	1,603 420	1,605 430	1,607 436	4,9
5,0	1,609 438	1,611 436	1,613 430	1,615 420	1,617 406	1,619 388	1,621 366	1,623 341	1,625 312	1,627 278	5,0
5,1	1,629 240	1,631 199	1,633 154	1,635 106	1,637 053	1,638 997	1,640 936	1,642 873	1,644 805	1,646 734	5,1
5,2	1,648 659	1,650 580	1,652 497	1,654 411	1,656 321	1,658 228	1,660 131	1,662 030	1,663 926	1,665 818	5,2
5,3	1,667 707	1,669 592	1,671 473	1,673 351	1,675 226	1,677 096	1,678 964	1,680 828	1,682 688	1,684 545	5,3
5,4	1,686 399	1,688 249	1,690 096	1,691 939	1,693 779	1,695 615	1,697 449	1,699 279	1,701 105	1,702 928	5,4
5,5	1,704 748	1,706 565	1,708 378	1,710 188	1,711 994	1,713 798	1,715 598	1,717 395	1,719 189	1,720 979	5,5
5,6	1,722 767	1,724 551	1,726 332	1,728 109	1,729 884	1,731 655	1,733 424	1,735 189	1,736 951	1,738 710	5,6
5,7	1,740 466	1,742 219	1,743 969	1,745 715	1,747 459	1,749,200	1,750 937	1,752 672	1,754 404	1,756 132	5,7
5,8	1,757 858	1,759 580	1,761 300	1,763 017	1,764 731	1,766 442	1,768 150	1,769 855	1,771 557	1,773 256	5,8
5,9	1,774 952	1,776 646	1,778 336	1,780 024	1,781 709	1,783 391	1,785 070	1,786 747	1,788 420	1,790 091	5,9
6,0	1,791 759	1,793 425	1,795 087	1,796 747	1,798 404	1,800 058	1,801 710	1,803 359	1,805 005	1,806 648	6,0
6,1	1,808 289	1,809 927	1,811 562	1,813 195	1,814 825	1,816 452	1,818 077	1,819 699	1,821 318	1,822 935	6,1
6,2	1,824 549	1,826 161	1,827 770	1,829 376	1,830 980	1,832 581	1,834 180	1,835 776	1,836 370	1,838 961	6,2
6,3	1,840 550	1,842 136	1,843 719	1,845 300	1,846 879	1,848 455	1,850 028	1,851 599	1,853 168	1,854 734	6,3
6,4	1,856 298	1,857 859	1,859 418	1,860 974	1,862 528	1,864 080	1,865 629	1,867 176	1,868 720	1,870 262	6,4
6,5	1,871 802	1,873 339	1,874 874	1,876 407	1,878 937	1,879 465	1,880 991	1,882 514	1,884 035	1,885 553	6,5
6,6	1,887 070	1,888 584	1,890 095	1,891 605	1,893 112	1,894 617	1,896 119	1,897 620	1,899 118	1,900 614	6,6
6,7	1,902 107	1,903 599	1,905 088	1,906 575	1,908 060	1,909 542	1,911 023	1,912 501	1,913 977	1,915 451	6,7
6,8	1,916 923	1,918 392	1,919 859	1,921 325	1,922 788	1,924 249	1,925 707	1,927 164	1,928 619	1,930 071	6,8
6,9	1,931 521	1,932 970	1,934 416	1,935 800	1,937 302	1,938 742	1,940 179	1,941 615	1,943 049	1,944 480	6,9

Natuurlijke of Neperiaansche logarithmen.

Van de met $\frac{1}{100}$ opklimmende getallen gelegen tusschen 1 en 10. Grondtal van het stelsel e = 2,718 281 828 459.

Getal	HONDERDSTE DEEL VAN HET GETAL										Getal
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7,0	1,945 910	1,947 338	1,948 763	1,950 187	1,951 608	1,953 027	1,954 445	1,955 860	1,957 274	1,958 685	7,0
7,1	1,960 095	1,961 502	1,962 908	1,964 311	1,965 713	1,967 112	1,968 510	1,969 906	1,971 299	1,972 691	7,1
7,2	1,974 081	1,975 469	1,976 855	1,978 239	1,979 621	1,981 001	1,982 380	1,983 756	1,985 131	1,986 503	7,2
7,3	1,987 874	1,989 243	1,990 610	1,991 975	1,993 339	1,994 700	1,996 060	1,997 418	1,998 774	2,000 128	7,3
7,4	2,001 480	2,002 830	2,004 179	2,005 526	2,006 871	2,008 214	2,009 555	2,010 895	2,012 233	2,013 569	7,4
7,5	2,014 903	2,016 235	2,017 566	2,018 895	2,020 222	2,021 547	2,022 871	2,024 193	2,025 513	2,026 831	7,5
7,6	2,028 148	2,029 463	2,030 776	2,032 088	2,033 398	2,034 706	2,036 012	2,037 317	2,038 619	2,039 921	7,6
7,7	2,041 220	2,042 518	2,043 814	2,045 109	2,046 402	2,047 693	2,048 982	2,050 270	2,051 556	2,052 841	7,7
7,8	2,054 124	2,055 405	2,056 684	2,057 962	2,059 239	2,060 513	2,061 787	2,063 058	2,064 328	2,065 596	7,8
7,9	2,066 863	2,068 128	2,069 391	2,070 653	2,071 913	2,073 172	2,074 429	2,075 684	2,076 938	2,078 191	7,9
8,0	2,079 441	2,080 691	2,081 938	2,083 184	2,084 429	2,085 672	2,086 913	2,088 153	2,089 392	2,090 629	8,0
8,1	2,091 864	2,093 098	2,094 331	2,095 561	2,096 790	2,098 018	2,099 244	2,100 469	2,101 692	2,102 914	8,1
8,2	2,104 134	2,105 353	2,106 570	2,107 786	2,109 000	2,110 213	2,111 424	2,112 634	2,113 843	2,115 050	8,2
8,3	2,116 255	2,117 460	2,118 662	2,119 863	2,121 063	2,122 261	2,123 458	2,124 654	2,125 848	2,127 040	8,3
8,4	2,128 232	2,129 421	2,130 610	2,131 797	2,132 982	2,134 166	2,135 349	2,136 530	2,137 710	2,138 889	8,4
8,5	2,140 066	2,141 242	2,142 416	2,143 589	2,144 761	2,145 931	1,147 100	2,148 268	2,149 434	2,150 599	8,5
8,6	2,151 762	2,152 924	2,154 085	2,155 244	2,156 403	2,157 559	2,158 715	2,159 869	2,161 021	2,162 173	8,6
8,7	2,163 323	2,164 472	2,165 619	2,166 765	2,167 910	2,169 054	2,170 196	2,171 337	2,172 476	2,173 615	8,7
8,8	2,174 751	2,175 887	2,177 022	2,178 155	2,179 287	2,180 417	2,181 547	2,182 675	2,183 801	2,184 927	8,8
8,9	2,186 051	2,187 174	2,188 296	2,189 416	2,190 535	2,191 653	2,192 770	2,193 886	2,195 000	2,196 113	8,9
9,0	2,197 224	2,198 335	2,199 444	2,200 552	2,201 659	2,202 765	2,203 869	2,204 972	2,206 074	2,207 175	9,0
9,1	2,208 274	2,209 373	2,210 470	2,211 566	2,212 660	2,213 754	2,214 846	2,215 937	2,217 027	2,218 116	9,1
9,2	2,219 203	2,220 290	2,221 375	2,222 459	2,223 542	2,224 623	2,225 704	2,226 783	2,227 861	2,228 938	9,2
9,3	2,230 014	2,231 089	2,232 163	2,233 235	2,234 306	2,235 376	2,236 445	2 237 513	2,238 580	2,239 645	9,3
9,4	2,240 710	2,241 773	2,242 835	2,243 896	2,244 956	2,246 015	2,247 072	2,248 129	2,249 184	2,250 239	9,4
9,5	2,251 292	2,252 344	2,253 395	2,254 445	2,255 493	2,256 541	2,257 588	2,258 633	2,259 678	2,260 721	9,5
9,6	2,261 763	2,262 804	2,263 844	2,264 883	2,265 921	2,266 958	2,267 994	2,269 028	2,270 062	2,271 094	9,6
9,7	2,272 126	2,273 156	2,274 186	2,275 214	2,276 241	2,277 267	2,278 292	2,279 316	2,280 339	2,281 361	9,7
9,8	2,282 382	2,283 402	2,284 421	2,285 439	2,286 456	2,287 471	2,288 486	2,289 500	2,290 512	2,291 524	9,8
9,9	2,292 535	2,293 544	2,294 553	2,295 560	2,296 567	2,297 572	2,298 577	2,299 581	2,300 583	2,301 585	9,9
10,0	2,302 585										10,0

Goniometrie.

Goniometrische verhoudingen van hoeken.

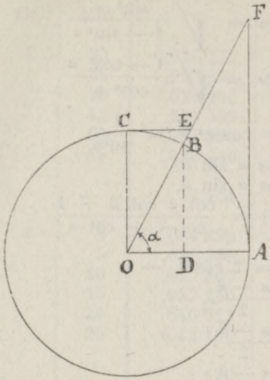


Fig. 1.

Is $\angle$ B O A = α een gegeven scherpe hoek (zie fig. 1), B. D de loodlijn uit B op O A, A F de raaklijn in A aan den cirkel om het punt O beschreven met een straal O A gelijk aan de eenheid, en C E de raaklijn in het punt C van de loodlijn O C, dan is

$$\sin\alpha = \frac{BD}{OB} = BD.$$

$$\cos\alpha = \frac{OD}{OB} = OD.$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{AF}{OA} = AF.$$

$$\cot\alpha = \frac{OA}{AF} = \frac{CE}{OC} = CE.$$

$$\sec\alpha = \frac{OF}{OA} = OF.$$

$$\text{cosec}\,\alpha = \frac{OF}{AF} = \frac{OE}{OC} = OE.$$

Voor hoeken, in verschillende kwadraten gelegen, gelden de volgende betrekkingen en teekens.

	Ie	IIe	IIIe	IVe
sin α	+	+	—	—
cos α	+	—	—	+
tg α	+	—	+	—
cot α	+	—	+	—
sec α	+	—	—	+
cosec α	+	+	—	—
sin α =		+ cos (α—90°)	— sin (α—180°)	— cos (α—270°)
cos α =		— sin (α—90°)	— cos (α—180°)	+ sin (α—270°)
tg α =		— tg (α—90°)	+ tg (α—180°)	— tg (α—270°)
cot α =		— cot (α—90°)	+ cot (α—180°)	— cot (α—270°)
sec α =		$-\frac{1}{\sin(\alpha-90°)}$	$-\frac{1}{\cos(\alpha-180°)}$	$+\frac{1}{\sin(\alpha-270°)}$
cosec α =		$+\frac{1}{\cos(\alpha-90°)}$	$-\frac{1}{\sin(\alpha-180°)}$	$-\frac{1}{\cos(\alpha-270°)}$

Graden	0	30	45	60	90	180	270	360
sinus . . .	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	+ 1	0	— 1	0
cosinus . .	+ 1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0	— 1	0	+ 1
tangens . .	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	∞	0
cotangens . .	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0	∞	0	∞

Betrekkingen tusschen goniometrische verhoudingen.

$$\cos\alpha = \sin(90° - \alpha)$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \qquad \sec\alpha = \frac{1}{\cos\alpha}$$

$$\cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \qquad \operatorname{cosec} = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \qquad 1 + \operatorname{tg}^2\alpha = \sec^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \qquad \operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \qquad \operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cot \alpha = 1 \qquad 1 + \cot^2 \alpha = \operatorname{cosec}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2\alpha}.$$

$$\sin (\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta.$$

$$\cos (\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta.$$

$$\operatorname{tg} (\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg}\beta)}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta} \qquad \cot (\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha.$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2 \sin\alpha^2 = 2 \cos\alpha^2 - 1.$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}.$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}.$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}.$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}.$$

Lengten van goniometrische lijnen.

met opklimming van 5 minuten voor den straal = 1.

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
0	0	0,000 000	0,000 000	∞	1,000 000	0	90
	5	,001 454	,001 454	687,548 869	0,999 999	55	
	10	,002 909	,002 909	343,773 708	,999 996	50	
	15	,004 363	,004 363	229,181 664	,999 991	45	
	20	,005 818	,005 818	171,885 399	,999 983	40	
	25	,007 272	,007 272	137,507 447	,999 974	35	
		1 455*	1 455*	22,918 797*	12*		
	30	0,008 727	0,008 727	114,588 650	0,999 962	30	
	35	,010 181	,010 181	98,217 943	,999 948	25	
	40	,011 635	,011 636	85,939 794	,999 932	20	
	45	,013 090	,013 091	76,390 009	,999 914	15	
	50	,014 544	,014 545	68,750 087	,999 894	10	
	55	,015 998	,016 000	62,499 154	,999 872	5	
		1 454	1 455	5,209 192	24		
1	0	0,017 452	,017 455	57,289 962	0,999 848	0	89
	5	,018 907	,018 910	52,882 109	,999 821	55	
	10	,020 361	,020 365	49,103 881	,999 793	50	
	15	,021 815	,021 820	45,829 351	,999 762	45	
	20	,023 269	,023 275	42,964 077	,999 729	40	
	25	,024 723	,024 731	40,435 837	0,999 694	35	88
		1 454	1 455	2,247 378	37		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

*) De tusschengevoegde getallen geven de verschillen voor 5 minuten.
De onderste grootheden hebben betrekking op de complementen der hoeken (zie de kolom ter rechterzijde).

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
1	30	0,026 177	0,026 186	38,188 459	0,999 657	30	88
	35	,027 631	,027 641	36,177 596	,999 618	25	
	40	,029 085	,029 097	34,367 771	,999 577	20	
	45	,030 539	,030 553	32,730 264	,999 534	15	
	50	,031 992	,032 009	31,241 577	,999 488	10	
	55	,033 446	,033 465	29,882 299	,999 441	5	
		1 454	1 456	1,246 046	50		
2	0	0,034 899	0,034 921	28,636 253	0,999 391	0	88
	5	,036 353	,036 377	27,489 853	,999 339	55	
	10	,037 807	,037 834	26,431 600	,999 285	50	
	15	,039 260	,039 290	25,451 700	,999 229	45	
	20	,040 713	,040 747	24,541 758	,999 171	40	
	25	0,42 166	,042 204	23,694 537	,999 111	35	
		1 453	1 457	790 773	63		
	30	0,043 619	0,043 661	22,903 765	0,999 048	30	
	35	,045 072	,045 118	22,163 980	,998 984	25	
	40	,046 525	0,46 576	21,470 401	,998 917	20	
	45	,047 978	,048 033	20,818 828	,998 848	15	
	50	,049 431	,049 491	20,205 553	,998 778	10	
	55	,050 884	,050 950	19,627 300	,998 705	5	
		1 452	1 458	546 163	75		
3	0	0,052 336	0,052 408	19,081 137	0,998 630	0	87
	5	,053 788	,053 866	18,564 473	,998 552	55	
	10	,055 241	,055 325	18,074 977	,998 473	50	
	15	,056 693	,056 784	17,610 559	,998 392	45	
	20	,058 145	,058 243	17,169 337	,998 308	40	
	25	,059 597	,059 703	16,749 614	,998 223	35	
		1 452	1 460	399 759	88		
	30	0,061 049	0,061 163	16,349 855	,998 135	30	
	35	,062 500	,062 623	15,968 667	,998 045	25	
	40	,063 952	,064 083	15,604 784	,997 953	20	
	45	,065 403	,065 544	15,257 052	,997 859	15	
	50	,066 854	,067 004	14,924 417	,997 763	10	
	55	,068 306	,068 465	14,605 916	,997 665	5	
		1 451	1 462	305 250	101		
4	0	0,069 757	0,069 927	14,300 666	0,997 564	0	86
	5	,071 207	,071 389	14,007 856	,997 462	55	
	10	,072 658	,072 851	13,726 738	,997 357	50	
	15	,074 109	,074 313	13,456 625	,997 250	45	
	20	,075 559	,075 776	13,196 883	,997 141	40	
	25	,077 009	,077 238	12,946 924	,997 030	35	85
		1 450	1 464	240 719	113		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
4	30	0,078 459	0,078 702	12,706 205	0,996 917	30	85
	35	,079 909	,080 165	12,474 221	,996 802	25	
	40	,081 359	,081 629	12,250 505	,996 685	20	
	45	,082 808	,083 094	12,034 622	,996 566	15	
	50	,084 258	,085 548	11,826 167	,996 444	10	
	55	,085 707	,086 023	11,624 761	,996 320	5	
		1 449	1 466	194 709	125		
5	0	0,087 156	0,087 489	11,430 052	0,996 195	0	85
	5	,088 605	,088 954	11,241 712	,996 067	55	
	10	,090 053	,090 421	11,059 431	,995 937	50	
	15	,091 502	,091 887	10,882 921	,995 805	45	
	20	,092 950	,093 354	10,711 913	,995 671	40	
	25	,094 398	,094 821	10,546 151	,995 535	35	
		1 448	1 468	160 754	139		
	30	0,095 846	0,096 289	10,385 397	0,995 396	30	
	35	,097 293	,097 757	10,229 428	,995 256	25	
	40	,098 741	,099 226	10,078 031	,995 113	20	
	45	,100 188	,100 695	9,931 009	,994 969	15	
	50	,101 635	,102 164	9,788 173	,994 822	10	
	55	,103 082	,103 634	9,649 348	,994 673	5	
		1 447	1 470	134 983	151		
6	0	0,014 529	0,105 104	9,514 365	0,994 522	0	84
	5	,105 975	,106 575	9,383 066	,994 369	55	
	10	,107 421	,108 046	9,255 304	,994 214	50	
	15	,108 867	,109 518	9,130 935	,994 056	45	
	20	,110 313	,110 990	9,009 826	,993 897	40	
	25	,111 758	,112 463	8,891 851	,993 736	35	
		1 445	1 473	114 964	164		
	30	0,113 203	0,113 936	8,776 887	0,993 572	30	
	35	,114 648	,115 409	8,664 822	,993 406	25	
	40	,116 093	,116 883	8,555 547	,993 238	20	
	45	,117 537	,118 358	8,448 957	,993 069	15	
	50	,118 982	,119 833	8,344 956	,992 897	10	
	55	,120 426	,121 308	8,243 449	,992 722	5	
		1 443	1 477	99 103	176		
7	0	0,121 869	0,122 785	8,144 346	0,992 546	0	83
	5	,123 313	,124 261	8,047 565	,992 368	55	
	10	,124 756	,125 738	7,953 022	,992 187	50	
	15	,126 199	,127 216	7,860 642	,992 005	45	
	20	,127 642	,128 694	7,770 351	,991 820	40	
	25	,129 084	,130 173	7,682 077	,991 634	35	82
		1 442	1 480	86 323	189		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
7	30	0,130 526	0,131 653	7,595 754	0,991 445	30	82
	35	,131 968	,133 132	7,511 318	,991 254	25	
	40	,133 410	,134 613	7,428 706	,991 061	20	
	45	,134 851	,136 094	7,347 861	,990 866	15	
	50	,136 292	,137 576	7,268 726	990,669	10	
	55	,137 733	,139 058	7,191 246	,990 469	5	
		1 440	1 483	75 876	201		
8	0	0,139 173	0,140 541	7,115 370	0,990 268	0	82
	5	,140 613	,142 024	7,041 048	,990 065	55	
	10	,142 053	,143 508	6,968 234	,989 859	50	
	15	,143 493	,144 993	6,896 880	,989 651	45	
	20	,144 932	,146 478	6,826 934	,989 442	40	
	25	,146 371	,147 964	6,758 383	,989 230	35	
		1 438	1 487	67 227	214		
	30	0,147 809	0,149 451	6,691 156	,989 016	30	
	35	,149 248	,150 938	6,625 226	,988 800	25	
	40	,150 686	,152 426	6,560 554	,988 582	20	
	45	,152 123	,153 915	6,497 104	,988 362	15	
	50	,153 561	,155 404	6,434 843	,988 139	10	
	55	,154 998	,156 894	6,363 736	,987 915	5	
		1 437	1 490	59 984	227		
9	0	0,156 435	0,158 384	6,313 752	,987 688	0	81
	5	,157 871	,159 876	6,254 859	,987 460	55	
	10	,159 307	,161 368	6,197 028	,987 229	50	
	15	,160 743	,162 860	6,140 230	,986 996	45	
	20	,162 178	,164 354	6,084 438	,986 762	40	
	25	,163 613	,165 848	6,029 625	,986 525	35	
		1 435	1 495	53 861	239		
	30	0,165 048	0,167 343	5,975 764	0,986 286	30	
	35	,166 482	,168 838	5,922 832	,986 045	25	
	40	,167 916	,170 334	5,870 804	,985 801	20	
	45	,169 349	,171 831	5,819 657	,985 556	15	
	50	,170 783	,173 329	5,769 369	,985 309	10	
	55	,172 216	,174 828	5,719 917	,985 059	5	
		1 432	1 499	48 635	251		
10	0	0,173 648	0,176 327	5,671 282	0,984 808	0	80
	5	,175 080	,177 827	5,623 442	,984 554	55	
	10	,176 512	,179 328	5,576 379	,984 299	50	
	15	,177 944	,180 830	5,530 072	,984 041	45	
	20	,179 375	,182 332	5,484 505	,983 781	40	
	25	,180 805	,183 835	5,439 659	,983 519	35	79
		1 431	1 504	44 124	264		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
10	30	0,182 236	0,185 339	5,395 517	0,983 255	30	79
	35	,183 665	,186 844	5,352 063	,982 989	25	
	40	,185 095	,188 350	5,309 279	,982 721	20	
	45	,186 524	,189 586	5,267 152	,982 450	15	
	50	,187 953	,191 363	5,225 665	,982 178	10	
	55	,189 381	,192 871	5,184 804	,981 904	5	
		1 428	1 509	40 250	277		
11	0	0,190 809	0,194 380	5,144 554	0,981 627	0	79
	5	,192 237	,195 890	5,104 902	,981 349	55	
	10	,193 664	,197 401	5,065 835	,981 068	50	
	15	,195 090	,198 912	5,027 340	,980 785	45	
	20	,196 517	,200 425	4,989 403	,980 501	40	
	25	,197 943	,201 938	4,952 013	,980 214	35	
		1 425	1 514	36 856	289		
	30	,199 368	0,203 452	4,915 156	0,979 925	30	
	35	,200 793	,204 967	4,878 825	,979 634	25	
	40	,202 218	,206 483	4,843 005	,979 341	20	
	45	,203 642	,208 000	4,807 685	,979 046	15	
	50	,205 066	,209 518	4,772 857	,978 748	10	
	55	,206 489	,211 037	4,738 508	,978 449	5	
		1 423	1 520	33 878	301		
12	0	0,207 912	0,212 557	4,704 630	0,978 148	0	78
	5	,209 334	,214 077	4,671 212	,977 844	55	
	10	,210 756	,215 599	4,638 246	,977 539	50	
	15	,212 178	,217 121	4,605 721	,977 231	45	
	20	,213 599	,218 645	4,573 629	,976 922	40	
	25	,215 019	,220 169	4,542 961	,976 610	35	
		1 421	1 526	31 252	314		
	30	0,216 440	0,221 695	4,510 709	0,976 296	30	
	35	,217 859	,223 221	4,479 864	,975 980	25	
	40	,219 279	,224 749	4,449 418	,975 662	20	
	45	,220 697	,226 277	4,419 364	,975 342	15	
	50	,222 116	,227 800	4,389 694	,975 020	10	
	55	,223 534	,229 337	4,360 400	,974 696	5	
		1 417	1 531	28 924	326		
13	0	0,224 951	0,230 868	4,331 476	0,974 300	0	77
	5	,226 368	,232 401	4,302 914	,974 042	55	
	10	,227 784	,233 934	4,274 707	,973 712	50	
	15	,229 200	,235 469	4,246 848	,973 379	45	
	20	,230 616	,237 004	4,219 332	,973 045	40	
	25	,232 031	,238 541	4,192 151	,972 708	35	76
		1 414	1 538	26 851	338		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
13	30	0,233 445	0,240 079	4,165 300	0,972 370	30	76
	35	,234 859	,241 618	4,138 772	,972 029	25	
	40	,236 273	,243 158	4,112 561	,971 687	20	
	45	,237 686	,244 698	4,086 663	,971 342	15	
	50	,239 098	,246 241	4,061 070	,970 995	10	
	55	,240 510	,247 784	4,035 778	,970 647	5	
		1 412	1 544	24 997	351		
14	0	0,241 922	0,249 328	4,010 781	0,970 296	0	76
	5	,243 333	,250 873	3,986 074	,969 943	55	
	10	,244 743	,252 420	3,961 652	,969 588	50	
	15	,246 153	,153 968	3,937 509	,969 231	45	
	20	,247 563	,255 517	3,913 642	,968 872	40	
	25	,248 972	,257 066	3,890 045	,968 511	35	
		1 408	1 552	23 332	363		
	30	0,250 380	0,258 618	3,866 713	,968 148	30	
	35	,251 788	,260 170	3,843 642	,967 783	25	
	40	,253 195	,261 723	3,820 828	,967 415	20	
	45	,254 602	,263 278	3,798 266	,967 046	15	
	50	,256 008	,264 834	3,775 952	,966 675	10	
	55	,257 414	,266 391	3,753 882	,966 301	5	
		1 405	1 558	21 831	375		
15	0	0,258 819	0,267 949	3,732 051	0,965 926	0	75
	5	,260 224	,269 509	3,710 456	,965 548	55	
	10	,261 628	,271 069	3,689 093	,965 169	50	
	15	,263 031	,272 631	3,667 958	,964 787	45	
	20	,264 434	,274 194	3,647 047	,964 404	40	
	25	,265 837	,275 759	3,626 357	,964 018	35	
		1 401	1 566	20 473	387		
	30	0,267 238	0,277 325	3,605 884	0,963 631	30	
	35	,268 640	,278 892	3,585 624	,963 241	25	
	40	,270 040	,280 460	3,565 575	,962 849	20	
	45	,271 440	,282 029	3,545 733	,962 455	15	
	50	,272 840	,283 600	3,526 094	,962 059	10	
	55	,274 239	,285 172	3,506 656	,961 662	5	
		1 398	1 573	19 242	400		
16	0	0,275 637	0,286 745	3,487 414	0,961 262	0	74
	5	,277 035	,288 320	3,468 368	,960 860	55	
	10	,278 432	,289 896	3,449 512	,960 456	50	
	15	,279 829	,291 473	3,430 845	,960 050	45	
	20	,281 225	,293 052	3,412 363	,959 642	40	
	25	,282 621	,294 632	3,394 063	,959 232	35	73
		1 394	1 582	18 120	412		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
16	30	0,284 015	0,296 214	3,375 943	0,958 820	30	73
	35	,285 410	,297 796	3,358 001	,958 406	25	
	40	,286 803	,299 380	3,340 233	,957 990	20	
	45	,288 196	,300 966	3,322 636	,957 571	15	
	50	,289 589	,302 553	3,305 209	,957 151	10	
	55	,290 981	,304 141	3,287 949	,956 729	5	
		1 391	1 590	17 096	424		
17	0	0,292 372	0,305 731	3,270 853	0,956 305	0	73
	5	,293 762	,307 322	3,253 918	,955 879	55	
	10	,295 152	,308 914	3,237 144	,955 450	50	
	15	,296 542	,310 508	3,220 526	,955 020	45	
	20	,297 930	,312 104	3,204 064	,954 588	40	
	25	,299 318	,313 701	3,187 754	,954 153	35	
		1 388	1 598	16 159	436		
	30	0,300 706	0,315 299	3,171 595	0,953 737	30	
	35	,302 093	,316 899	3,155 584	,953 279	25	
	40	,303 479	,318 500	3,139 719	,952 838	20	
	45	,304 864	,320 103	3,123 999	,952 396	15	
	50	,306 249	,321 707	3,108 421	,951 951	10	
	55	,307 633	,323 313	3,092 983	,951 505	5	
		1 384	1 607	15 299	448		
18	0	0,309 017	0,324 920	3,077 684	0,951 057	0	72
	5	,310 400	,326 529	3,062 520	,950 606	55	
	10	,311 782	,328 139	3,047 492	,950 154	50	
	15	,313 164	,329 751	3,032 595	,949 699	45	
	20	,314 545	,331 364	3,017 830	,949 243	40	
	25	,315 925	,332 979	3,003 194	,948 784	35	
		1 380	1 616	14 509	460		
	30	0,317 305	0,334 595	2,988 685	0,948 324	30	
	35	,318 684	,336 213	2,974 302	,947 861	25	
	40	,320 062	,337 833	2,960 042	,947 397	20	
	45	,321 439	,339 454	2,945 905	,946 930	15	
	50	,322 816	,341 077	2,931 889	,946 462	10	
	55	,324 193	,342 702	2,917 991	,945 991	5	
		1 375	1 626	13 780	472		
19	0	0,325 568	0,344 328	2,904,211	,945 519	0	71
	5	,326 943	,345 955	2,890 547	,945 044	55	
	10	,328 317	,347 585	2,876 997	,944 568	50	
	15	,329 691	,349 216	2,863 560	,944 089	45	
	20	,331 063	,350 848	2,850 235	,943 609	40	
	25	,332 436	,352 483	2,837 020	,943 126	35	70
		1 371	1 636	13 107	484		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
19	30	0,333 807	0,354 119	2,823 913	0,942 642	30	70
	35	,335 178	,355 756	2,810 913	,942 155	25	
	40	,336 548	,357 396	2,798 020	,941 667	20	
	45	,337 987	,359 037	2,785 231	,941 176	15	
	50	,339 285	,360 680	2,772 545	,940 684	10	
	55	,340 653	,362 324	2,759 961	,940 189	5	
		1 367	1 646	12 484	496		
20	0	0,342 020	0,363 970	2,747 477	0,939 693	0	70
	5	,343 387	,365 618	2,735 093	,939 194	55	
	10	,344 752	,367 268	2,722 808	,938 694	50	
	15	,346 117	,368 919	2,710 619	,938 191	45	
	20	,347 481	,370 573	2,698 525	,937 687	40	
	25	,348 845	,372 228	2,686 527	,937 181	35	
		1 362	1 657	11 909	509		
	30	0,350 207	0,373 885	2,674 622	0,936 672	30	
	35	,351 569	,375 543	2,662 809	,936 162	25	
	40	,352 931	,377 204	2,651 087	,935 650	20	
	45	,354 291	,378 866	2,639 455	,935 135	15	
	50	,355 651	,380 530	2,627 912	,934 619	10	
	55	,357 010	,382 196	2,616 457	,934 101	5	
		1 358	1 668	11 368	521		
21	0	0,358 368	0,383 864	2,605 089	0,933 580	0	69
	5	,359 725	,385 534	2,593 807	,933 058	55	
	10	,361 082	,387 205	2,582 609	,932 534	50	
	15	,362 438	,388 879	2,571 496	,932 008	45	
	20	,363 793	,390 554	2,560 465	,931 480	40	
	25	,365 148	,392 231	2,549 516	,930 950	35	
		1 353	1 680	10 868	532		
	30	0,366 501	0,393 911	2,538 648	0,930 418	30	
	35	,367 854	,395 592	2,527 860	,929 884	25	
	40	,369 206	,397 275	2,517 151	,929 348	20	
	45	,370 557	,398 960	2,506 520	,928 809	15	
	50	,371 908	,400 647	2,495 966	,928 270	10	
	55	,373 258	,402 335	2,485 489	,927 728	5	
		1 349	1 691	10 402	544		
22	0	0,374 607	0,404 026	2,475 087	0,927 184	0	68
	5	,375 955	,405 719	2,464 760	,926 638	55	
	10	,377 302	,407 414	2,454 506	,926 090	50	
	15	,378 649	,409 111	2,444 326	,925 541	45	
	20	,379 994	,410 810	2,434 217	,924 989	40	
	25	,381 339	,412 511	2,424 180	,924 435	36	67
		1 344	1 703	9 966	555		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
22	30	0,382 683	0,414 214	2,414 214	0,923 880	30	67
	35	,384 027	,415 919	2,404 317	,923 322	25	
	40	,385 369	,417 626	2,394 489	,922 762	20	
	45	,386 711	,419 335	2,384 729	,922 201	15	
	50	,388 052	,421 046	2,375 037	,921 638	10	
	55	,389 392	,422 759	2,365 412	,921 072	5	
		1 339	1 716	9 560	567		
23	0	0,390 731	0,424 475	2,355 852	0,920 505	0	67
	5	,392 069	,426 192	2,346 358	,919 936	55	
	10	,393 407	,427 912	2,336 929	,919 364	50	
	15	,394 744	,429 634	2,327 563	,918 791	45	
	20	,396 080	,431 358	2,318 261	,918 216	40	
	25	,397 415	,433 084	2,309 021	,917 639	35	
		1 334	1 728	9 178	579		
	30	0,398 749	0,434 812	2,299 843	0,917 060	3	
	35	,400 083	,436 543	2,290 726	,916 479	25	
	40	,401 415	,438 276	2,281 669	,915 896	20	
	45	,402 747	,440 011	2,272 673	,915 312	15	
	50	,404 077	,441 748	2,263 736	,914 725	10	
	55	,405 407	,443 487	2,254 857	,914 136	5	
		1 329	1 742	8 820	591		
24	0	0,406 737	0,445 229	2,246 037	0,913 545	0	66
	5	,408 065	,446 973	2,237 274	,912 953	55	
	10	,409 392	,448 719	2,228 568	,912 358	50	
	15	,410 719	,450 467	2,219 918	,911 762	45	
	20	,412 045	,452 218	2,211 323	,911 164	40	
	25	,413 369	,453 971	2,202 784	,910 563	35	
		1 324	1 755	8 484	602		
	30	0,414 693	0,455 726	2,194 300	0,909 961	30	
	35	,416 016	,457 484	2,185 869	,909 357	25	
	40	,417 339	,459 244	2,177 492	,908 751	20	
	45	,418 660	,461 006	2,169 168	,908 143	15	
	50	,419 980	,462 771	2,160 896	,907 533	10	
	55	,421 300	,464 538	2,152 676	,906 922	5	
		1 318	1 770	8 169	614		
25	0	0,422 618	0,466 308	2,144 507	0,906 308	0	65
	5	,423 936	,468 080	2,136 389	,905 692	55	
	10	,425 253	,469 854	2,128 321	,905 075	50	
	15	,426 569	,471 631	2,120 303	,904 455	45	
	20	,427 884	,473 410	2,112 335	,903 834	40	
	25	,429 198	,475 191	2,104 415	,903 211	35	64
		1 313	1 785	7 871	626		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek Gr.	Hoek Min.	Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek Min.	Hoek Gr.
25	30	0,430 511	0,476 976	2,096 544	0,902 585	30	64
	35	,431 823	,478 762	2,088 720	,901 958	25	
	40	,433 135	,480 551	2,080 944	,901 329	20	
	45	,434 445	,482 343	2,073 215	,900 698	15	
	50	,435 755	,484 137	2,065 532	,900 065	10	
	55	,437 063	,485 933	2,057 895	,899 431	5	
		1 308	1 800	7 591	637		
26	0	0,438 371	,487 733	2,050 304	0,898 794	0	64
	5	,439 678	,489 534	2,042 758	,898 156	55	
	10	,440 984	,491 339	2,035 257	,897 515	50	
	15	,442 289	,493 145	2,027 799	,896 873	45	
	20	,443 593	,494 955	2,020 386	,896 229	40	
	25	,444 896	,496 767	2,013 016	,895 582	35	
		1 302	1 815	7 326	648		
	30	0,446 198	0,498 582	2,005 690	0,894 934	30	
	35	,447 499	,500 399	1,998 406	,894 284	25	
	40	,448 799	,502 219	1,991 164	,893 633	20	
	45	,450 098	,504 042	1,983 964	,892 979	15	
	50	,451 397	,505 867	1,976 805	,892 323	10	
	55	,452 694	,507 695	1,969 687	,891 666	5	
		1 297	1 830	7 076	659		
27	0	0,453 991	0,509 525	1,962 611	0,891 007	0	63
	5	,455 286	,511 359	1,955 574	,890 345	55	
	10	,456 580	,513 195	1,948 577	,889 682	50	
	15	,457 874	,515 034	1,941 620	,889 017	45	
	20	,459 167	,516 876	1,934 702	,888 350	40	
	25	,460 458	,518 720	1,927 823	,887 682	35	
		1 291	1 847	6 841	671		
	30	0,461 749	0,520 567	1,920 982	0,887 011	30	
	35	,463 038	,522 417	1,914 179	,886 338	25	
	40	,464 327	,524 270	1,907 415	,885 664	20	
	45	,465 615	,526 125	1,900 687	,884 988	15	
	50	,466 901	,527 984	1,893 997	,884 310	10	
	55	,468 187	,529 845	1,887 344	,883 629	5	
		1 285	1 864	6 617	681		
28	0	0,469 472	0,531 709	1,880 727	0,882 948	0	62
	5	,470 755	,533 577	1,874,146	,882 264	55	
	10	,472 038	,535 447	1,867 600	,881 578	50	
	15	,473 320	.537 319	1,861 091	,880 891	45	
	20	,474 600	.539 195	1,854 616	,880 202	40	
	25	,475 880	,541 074	1,848 176	,879 510	35	61
		1 279	1 882	6 405	693		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
28	30	0,477 159	,542 956	1,841 771	0,878 817	30	61
	35	,478 436	,544 840	1,835 400	,878 122	25	
	40	,479 713	,546 728	1,829 063	,877 425	20	
	45	,480 989	,548 619	1,822 759	,876 727	15	
	50	,482 263	,550 513	1,816 489	,876 026	10	
	55	,483 537	,552 409	1,810 252	,875 324	5	
		1 273	1 900	6 204	704		
29	0	0,484 810	0,554 309	1,804 048	0,874 620	0	61
	5	,486 081	,556 212	1,797 876	,873 914	55	
	10	,487 352	,558 118	1,791 736	,873 206	50	
	15	,488 421	,560 027	1,785 629	,872 496	45	
	20	,489 890	,561 939	1,779 552	,871 784	40	
	25	,491 157	,563 854	1,773 508	,871 071	35	
		1 267	1 919	6 014	715		
	30	0,492 424	0,565 773	1,767 494	0,870 356	30	
	35	,493 689	,567 694	1,761 511	,869 639	25	
	40	,494 953	,569 619	1,755 559	,868 920	20	
	45	,496 217	,571 547	1,749 637	,868 199	15	
	50	,497 479	,573 478	1,743 745	,867 476	10	
	55	,498 740	,575 413	1,737 883	,866 752	5	
		1 260	1 937	5 832	727		
30	0	0,500 000	0,577 350	1,732 051	0,866 025	0	60
	5	,501 259	,579 291	1,726 248	,865 297	55	
	10	,502 517	,581 235	1,720 474	,864 567	50	
	15	,503 774	,583 183	1,714 728	,863 836	45	
	20	,505 030	,585 134	1,709 012	,863 102	50	
	25	,506 285	,587 088	1,703 323	,862 366	35	
		1 253	1 957	5 660	737		
	30	0,507 538	0,589 045	1,697 663	0,861 629	30	
	35	,508 791	,591 006	1,692 031	,860 890	25	
	40	,510 043	,592 970	1,686 426	,860 149	20	
	45	,511 293	,594 938	1,680 849	,859 406	15	
	50	,512 543	,596 908	1,675 299	,858 662	10	
	55	,513 791	,598 883	1,669 776	,857 916	5	
		1 247	1 978	5 496	749		
31	0	0,515 038	,600 861	1,664 280	0,857 167	0	59
	5	,516 284	,602 842	1,658 810	,856 417	55	
	10	,517 529	,604 827	1,653 366	,855 666	50	
	15	,518 773	,606 815	1,647 949	,854 912	45	
	20	,520 016	,608 807	1,642 558	,854 156	40	
	25	,521 258	,610 802	1,637 192	,853 399	35	58
		1 241	1 999	5 340	759		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
31	30	0,522 499	0,612 801	1,631 852	0,852 640	30	58
	35	,523 738	,614 803	1,626 537	,851 879	25	
	40	,524 977	,616 809	1,621 247	,851 117	20	
	45	,526 214	,618 819	1,615 982	,850 352	15	
	50	,527 450	,620 832	1,610 742	,849 586	10	
	55	,528 685	,622 849	1,605 526	,848 818	5	
		1 234	2 020	5 191	770		
32	0	0,529 919	0,624 869	1,600 335	0,848 048	0	58
	5	,531 152	,626 894	1,595 167	,847 276	55	
	10	,532 384	,628 921	1,590 024	,846 503	50	
	15	,533 615	,630 953	1,584 904	,845 728	45	
	20	,534 844	,632 988	1,579 808	,844 951	40	
	25	,536 072	,635 027	1,574 735	,844 172	35	
		1 228	2 043	5 049	781		
	30	0,537 300	0,637 070	1,569 686	0,843 391	30	
	35	,538 526	,639 117	1,564 659	,842 609	25	
	40	,539 751	,641 167	1,559 655	,841 825	20	
	45	,540 975	,643 222	1,554 674	,841 039	15	
	50	,542 197	,645 280	1,549 716	,840 251	10	
	55	,543 419	,647 342	1,544 779	,839 462	5	
		1 220	2 066	4 914	791		
33	0	0,544 639	0,649 408	1,539 865	0,838 671	0	57
	5	,545 858	,651 477	1,534 973	,837 878	55	
	10	,547 076	,653 551	1,530 102	,837 083	50	
	15	,548 293	,655 629	1,525 254	,836 286	45	
	20	,549 509	,657 710	1,520 426	,835 488	40	
	25	,550 724	,659 796	1,515 620	,834 688	35	
		1 213	2 090	4 785	802		
	30	0,551 937	0,661 886	1,510 835	0,833 886	30	
	35	,553 149	,663 979	1,506 071	,833 082	25	
	40	,554 360	,666 077	1,501 328	,832 277	20	
	45	,555 570	,668 979	1,496 606	,831 470	15	
	50	,556 779	,670 285	1,491 904	,830 661	10	
	55	,557 987	,672 394	1,487 222	,829 850	5	
		1 206	2 115	4 661	812		
34	0	0,559 193	,674 509	1,482 561	,829 038	0	56
	5	,560 398	,676 627	1,477 920	,828 223	55	
	10	,561 602	,678 749	1,473 298	,827 407	50	
	15	,562 805	,680 876	1,468 697	,826 590	45	
	20	,564 007	,683 007	1,464 115	,825 770	40	
	25	,565 207	,685 142	1,459 552	,824 949	35	55
		1 199	2 139	4 543	823		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
34	30	0,566 406	0,687 281	1,455 009	0,824 126	30	55
	35	,567 604	,689 425	1,450 485	,823 301	25	
	40	,568 801	,691 572	1,445 980	,822 475	20	
	45	,569 997	,693 725	1,441 494	,821 647	15	
	50	,571 191	,695 881	1,437 027	,820 817	10	
	55	,572 384	,698 042	1,432 578	,819 985	5	
		1 192	2 166	4 430	833		
35	0	0,573 576	0,700 208	1,428 184	0,819 152	0	55
	5	,574 767	,702 377	1,423 736	,818 317	55	
	10	,575 957	,704 552	1,419 343	,817 480	50	
	15	,577 145	,706 730	1,414 967	,816 642	45	
	20	,578 332	,708 913	1,410 610	,815 801	40	
	25	,579 518	,711 101	1,406 270	,814 959	35	
		1 185	2 192	4 322	843		
	30	0,580 703	0,713 293	1,401 948	0,814 116	30	
	35	,481 886	,715 490	1,397 644	,813 270	25	
	40	,583 069	,717 691	1,393 357	,812 423	20	
	45	,584 250	,719 897	1,389 088	,811 574	15	
	50	,585 429	,722 108	1,384 835	,810 723	10	
	55	,586 608	,724 323	1,380 600	,809 871	5	
		1 177	2 220	4 218	854		
36	0	0,587 785	0,726 543	1,376 382	0,809 017	0	54
	5	,588 961	,728 767	1,372 181	,808 161	55	
	10	,590 136	,730 996	1,367 996	,807 304	50	
	15	,591 310	,733 230	1,363 828	,806 445	45	
	20	,592 482	,735 469	1,359 676	,805 584	40	
	25	,593 653	,737 713	1,355 541	,804 721	35	
		1 170	2 248	4 119	864		
	30	0,594 823	0,739 961	1,351 422	0,803 857	30	
	35	,595 991	,742 214	1,347 320	,802 991	25	
	40	,597 159	,744 472	1,343 233	,802 123	20	
	45	,598 325	,746 735	1,339 162	,801 254	15	
	50	,599 489	,749 003	1,335 108	,800 383	10	
	55	,600 653	,751 276	1,331 068	,799 510	5	
		1 162	2 278	4 023	874		
37	0	0,601 815	0,753 554	1,327 045	0,798 636	0	53
	5	,602 976	,755 837	1,323 037	,797 759	55	
	10	,604 136	,758 125	1,319 044	,796 882	50	
	15	,605 294	,760 418	1,315 067	,796 002	45	
	20	,606 451	,762 716	1,311 105	,795 121	40	
	25	,607 607	,765 019	1,307 158	,794 238	35	52
		1 154	2 308	3 933	885		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
37	30	0,608 761	0,767 327	1,303 225	0,793 353	30	52
	35	,609 915	,769 640	1,299 308	,792 467	25	
	40	,611 067	,771 959	1,295 406	,791 579	20	
	45	,612 217	,774 283	1,291 518	,790 690	15	
	50	,613 367	,776 612	1,287 645	,789 798	10	
	55	,614 515	,778 946	1,283 786	,788 905	5	
		1 147	2 340	3 844	894		
38	0	0,615 662	0,781 286	1,279 942	0,788 011		52
	5	,616 807	,783 631	1,276 112	,787 115	55	
	10	,617 951	,785 981	1,272 296	,786 217	50	
	15	,619 094	,788 336	1,268 494	,785 317	45	
	20	,620 236	,790 698	1,264 706	,784 416	40	
	25	,621 376	,793 064	1,260 932	,783 513	35	
		1 139	2 372	3 760	905		
	30	0,622 515	0,795 436	1,257 172	0,782 608	35	
	35	,623 652	,797 813	1,253 426	,781 702	25	
	40	,624 789	,800 196	1,249 693	,780 794	20	
	45	,625 924	,802 585	1,245 974	,779 885	15	
	50	,627 057	,804 979	1,242 269	,778 973	10	
	55	,628 189	,807 379	1,238 576	,778 060	5	
		1 131	2 405	3 679	914		
39	0	0,629 320	0,809 784	1,234 897	0,777 146	0	51
	5	,630 450	,812 195	1,231 231	,776 230	55	
	10	,631 578	,814 612	1,227 579	,775 312	50	
	15	,632 705	,817 034	1,223 939	,774 393	45	
	20	,633 831	,819 463	1,220 312	,773 472	40	
	25	,634 955	,821 896	1,216 698	,772 549	35	
		1 123	2 440	3 601	924		
	30	0,636 078	0,824 336	1,213 097	0,771 625	30	
	35	,637 200	,826 782	1,209 509	,770 699	25	
	40	,638 320	,829 234	1,205 933	,769 771	20	
	45	,639 439	,831 691	1,202 369	,768 842	15	
	50	,640 557	,834 155	1,198 818	,767 911	10	
	55	,641 673	,836 624	1,195 280	,766 979	5	
		1 115	2 476	3 526	935		
40	0	0,642 788	0,839 100	1,191 754	0,766 044	0	50
	5	,643 901	,841 581	1,188 240	,765 109	55	
	10	,645 013	,844 069	1,184 738	,764 171	50	
	15	,646 124	,846 563	1,181 248	,763 233	45	
	20	,647 233	,849 062	1,177 770	,762 292	40	
	25	,648 341	,851 568	1,174 304	,761 350	35	49
		1 107	2 513	3 454	944		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
40	30	0,649 448	0,854 081	1,170 850	0,760 406	30	49
	35	,651 553	,856 599	1,167 407	,759 461	25	
	40	,651 657	,859 124	1,163 976	,758 514	20	
	45	,652 760	,861 655	1,160 557	,757 565	15	
	50	,653 861	,864 193	1,157 150	,756 615	10	
	55	,654 961	,866 736	1,153 753	,755 663	5	
		1 089	2 551	3 385	953		
41	0	0,656 059	0,869 287	1,150 368	0,754 710	0	49
	5	,657 156	,871 844	1,146 995	,753 755	55	
	10	,658 252	,874 407	1,143 633	,752 798	50	
	15	,659 346	,876 977	1.140 282	,751 840	45	
	20	,660 439	,879 553	1,136 941	,750 880	40	
	25	,661 530	,882 136	1,133 612	,749 919	35	
		1 090	2 589	3 318	963		
	30	0,662 620	0,884 725	1,130 294	0,748 956	30	
	35	,663 709	,887 322	1,126 987	,747 991	25	
	40	,664 796	,889 925	1,123 691	,747 025	20	
	45	,665 882	,892 534	1,120 405	,746 057	15	
	50	,666 966	,895 151	1,117 131	,745 088	10	
	55	,668 049	,897 774	1,113 866	,744 117	5	
		1 082	2 630	3 254	972		
42	0	0,669 131	0,900 404	1,110 612	0,743 145	0	48
	5	,670 211	,903 041	1,107 369	,742 171	55	
	10	,671 290	,905 685	1,104 137	,741 195	50	
	15	,672 367	,908 336	1,100 914	,740 218	45	
	20	,673 443	,910 994	1,097 702	,739 239	40	
	25	,674 517	,913 659	1,094 500	,738 259	35	
		1 073	2 672	3 191	982		
	30	0,675 590	0,916 331	1,091 309	0,737 277	30	
	35	,676 662	,919 010	1,088 127	,736 294	25	
	40	,677 732	,921 697	1,084 955	,735 309	20	
	45	,678 801	,924 391	1,081 794	,734 323	15	
	50	,679 868	,927 091	1,078 642	,733 335	10	
	55	,680 934	,929 800	1,075 501	,732 345	5	
		1 064	2 715	3 132	991		
43	0	0,681 998	0,932 515	1,072 369	0,731 354	0	47
	5	,683 061	,935 238	1,069 247	,730 361	55	
	10	,684 123	,937 968	1,066 134	,729 367	50	
	15	,685 183	,940 706	1,063 031	,728 371	45	
	20	,686 242	,943 451	1,059 938	,727 374	40	
	25	,687 299	,946 204	1,056 854	,726 375	35	46
		1 056	2 761	3 074	1 001		
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Hoek		Sinus	Tang.	Cotang.	Cosinus	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
43	30	0,688 355	0,948 965	1,053 780	0,725 374	30	46
	35	,689 409	,951 733	1,050 715	,724 372	25	
	40	,690 462	,954 508	1,047 660	,723 369	20	
	45	,691 513	,957 292	1,044 614	,722 364	15	
	50	,692 563	,960 083	1,041 577	,721 357	10	
	55	,693 611	,962 882	1,038 549	,720 349	5	
		1 047	2 807	3 019	1 009		
44	0	0,694 658	0,965 689	1,035 530	0,719 340	0	46
	5	,695 704	,968 504	1,032 521	,718 329	55	
	10	,696 748	,971 326	1,029 520	,717 316	50	
	15	,697 791	,974 157	1,026 529	,716 302	45	
	20	,698 832	,976 996	1,023 546	,715 286	40	
	25	,699 871	,979 842	1,020 572	,714 269	35	
		1 038	2 855	2 965	1 019		
	30	0,700 909	0,982 697	1,017 607	0,713 250	30	
	35	,701 946	,985 560	1,014 651	,712 230	25	
	40	,702 981	,988 432	1,011 704	,711 209	20	
	45	,704 015	,991 311	1,008 765	,710 185	15	
	50	,705 047	,994 199	1,005 835	,709 161	10	
	55	,706 078	,997 095	1,002 913	,708 135	5	
		1 029	2 905	2 913	1 028		
45	0	0,707 107	1,000 000	1,000 000	0,707 107	0	45
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		Cosinus	Cotang.	Tang.	Sinus	Hoek	

Logarithmen van goniometrische lijnen.

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
0	0	—	—	—	0.0000	0	90
	10	7.4637	7.4637	2,5363	0.0000	50	
	20	7.7648	7.7648	2,2352	0.0000	40	
	30	7,9408	7,9409	2,0591	0,0000	30	
	40	8,0658	8,0658	1,9342	0,0000	20	
	50	8,1627	8,1627	1,8373	0,0000	10	
1	0	8,2419	8,2419	1,7581	9,9999	0	89
	10	8,3088	8,3089	1,6911	9,9999	50	
	20	8,3668	8,3669	1,6331	9,9999	40	
	30	8,4179	8,4181	1,5819	9,9999	30	
	40	8,4637	8,4638	1,5362	9,9998	20	
	50	8,5050	8,5053	1,4947	9,9998	10	
2	0	8,5428	8,5431	1,4569	9,9997	0	88
	10	8,5776	8,5779	1,4221	9,9997	50	
	20	8,6097	8,6101	1,3899	9,9996	40	
	30	8,6397	8,6401	1,3599	9,9996	30	
	40	8,6677	8,6682	1,3318	9,9995	20	
	50	8,6940	8,6945	1,3055	9,9995	10	
3	0	8,7188	8,7194	1,2806	9,9994	0	87
	10	8,7423	8,7429	1,2571	9,9993	50	
	20	8,7645	8,7652	1,2348	9,9993	40	
	30	8,7857	8,7865	1,2135	9,9992	30	
	40	8,8059	8,8067	1,1933	9,9991	20	
	50	8,8251	8,8261	1,1739	9,9990	10	
4	0	8,8436	8,8446	1,1554	9,9989	0	86
	10	8,8613	8,8624	1,1376	9,9989	50	
	20	8,8783	8,8795	1,1205	9,9988	40	
	30	8,8946	8,8960	1,1040	9,9987	30	
	40	8,9104	8,9118	1,0882	9,9986	20	
	50	8,9256	8,9272	1,0728	9,9985	10	
5	0	8,9403	8,9420	1,0580	9,9983	0	85
	10	8,9545	8,9563	1,0437	9,9982	50	
	20	8,9682	8,9701	1,0299	9,9981	40	
	30	8,9816	8,9836	1,0164	9,9980	30	
	40	8,9945	8,9966	1,0034	9,9979	20	
	50	9,0070	9,0093	0,9907	9,9977	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log. Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek Gr.	Hoek Min.	log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek Min.	Hoek Gr.
6	0	9,0192	9,0216	0,9784	9,9976	0	84
	10	9,0311	9,0336	0,9664	9,9975	50	
	20	9,0426	9,0453	0,9547	9,9973	40	
	30	9,0539	9,0567	0,9433	9,9972	30	
	40	9,0648	9,0678	0,9322	9,9971	20	83
	50	9,0755	9,0786	0,9214	9,9969	10	
7	0	9,0859	9,0891	0,9109	9,9968	0	
	10	9,0961	9,0995	0,9005	9,9966	50	
	20	9,1060	9,1096	0,8904	9,9964	40	
	30	9,1157	9,1194	0,8806	9,9963	30	
	40	9,1252	9,1291	0,8709	9,9961	20	
	50	9,1345	9,1385	0,8615	9,9959	10	
8	0	9,1436	9,1478	0,8522	9,9958	0	82
	10	9,1525	9,1569	0,8431	9,9956	50	
	20	9,1612	9,1658	0,8342	9,9954	40	
	30	9,1697	9,1745	0,8255	9,9952	30	
	40	9,1781	9,1831	0,8169	9,9950	20	
	50	9,1863	9,1915	0,8085	9,9948	10	
9	0	9,1943	9,1997	0,8003	9,9946	0	81
	10	9,2022	9,2078	0,7922	9,9944	50	
	20	9,2100	9,2158	0,7842	9,9942	40	
	30	9,2176	9,2236	0,7764	9,9940	30	
	40	9,2251	9,2313	0,7687	9,9938	20	
	50	9,2324	9,2389	0,7611	9,9936	10	
10	0	9,2397	9,2463	0,7537	9,7934	0	80
	10	9,2468	9,2536	0,7464	9,9931	50	
	20	9,2538	9,2609	0,7391	9,9929	40	
	30	9,2606	9,2680	0,7320	9,9927	30	
	40	9,2674	9,2750	0,7250	9,9924	20	
	50	9,2740	9,2819	0,7181	9,9922	10	
11	0	9,2806	9,2887	0,7113	9,9919	0	79
	10	9,2870	9,2953	0,7047	9,9917	50	
	20	9,2934	9,3020	0,6980	9,9914	40	
	30	9,2997	9,3085	0,6915	9,9912	30	
	40	9,3058	9,3149	0,6851	9,9909	20	
	50	9,3119	9,3212	0,6788	9,9907	10	
12	0	9,3179	9,3275	0,6725	9,9904	0	78
	10	9,3238	9,3336	0,6664	9,9901	50	
	20	9,3296	9,3397	0,6603	9,9899	40	
	30	9,3353	9,3458	0,6542	9,9896	30	
	40	9,3410	9,3517	0,6483	9,9893	20	
	50	9,3466	9,3576	0,6424	9,9890	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
13	0	9,3521	9,3634	0,6366	9,9887	0	77
	10	9,3575	9,3691	0,6309	9,9884	50	
	20	9,3629	9,3748	0,6252	9,9881	40	
	30	9,3682	9,3804	0,6196	9,9878	30	
	40	9,3734	9,3859	0,6141	9,9875	20	
	50	9,3786	9,3914	0,6086	9,9872	10	
14	0	9,3837	9,3968	0,6032	9,9869	0	76
	10	9,3887	9,4021	0,5979	9,9866	50	
	20	9,3937	9,4074	0,5926	9,9863	40	
	30	9,3986	9,4127	0,5873	9,9859	30	
	40	9,4035	9,4178	0,5822	9,9856	20	
	50	9,4083	9,4230	0,5770	9,9853	10	
16	0	9,4130	9,4281	0,5719	9,9849	0	75
	10	9,4177	9,4331	0,5669	9,9846	50	
	20	9,4223	9,4381	0,5619	9,9843	40	
	30	9,4269	9,4430	0,5570	9,9839	30	
	40	9,4314	9,4479	0,5521	9,9836	20	
	50	9,4359	9,4527	0,5473	9,9832	10	
16	0	9,4403	9,4575	0,5425	9,9828	0	74
	10	9,4447	9,4622	0,5378	9,9825	50	
	20	9,4491	9,4669	0,5331	9,9821	40	
	30	9,4533	9,4716	0,5284	9,9817	30	
	40	9,4576	9,4762	0,5238	9,9814	20	
	50	9,4618	9,4808	0,5192	9,9810	10	
17	0	9,4659	9,4853	0,5147	9,9806	0	73
	10	9,4700	9,4898	0,5102	9,9802	50	
	20	9,4741	9,4943	0,5057	9,9798	40	
	30	9,4781	9,4987	0,5013	9,9794	30	
	40	9,4821	9,5031	0,4969	9,9790	20	
	50	9,4861	9,5075	0,4925	9,9786	10	
18	0	9,4900	9,5118	0,4882	9,9782	0	72
	10	9,4939	9,5161	0,4839	9,9778	50	
	20	9,4977	9,5203	0,4797	9,9774	40	
	30	9,5015	9,5245	0,4755	9,9770	30	
	40	9,5052	9,5287	0,4713	9,9765	20	
	50	9,5090	9 5329	0,4671	9,9761	10	
19	0	9,5126	9,5370	0,4630	9,9757	0	71
	10	9,5163	9,5411	0,4589	9,9752	50	
	20	9,5199	9,5451	0,4549	9,9748	40	
	30	9,5235	9,5491	0,4509	9,9743	30	
	40	9,5270	9,5531	0,4469	9,9739	20	
	50	9,5306	9,5571	0,2429	9,9734	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
20	0	9,5341	9,5611	0,4389	9,9730	0	70
	10	9,5375	9,5650	0,4350	9,9725	50	
	20	9,5409	9,5689	0,4311	9,9721	40	
	30	9,5443	9,5727	0,4273	9,9716	30	
	40	9,5477	9,5766	0,4234	9,9711	20	
	50	9,5510	9,5804	0,4196	9,9706	10	
21	0	9,5543	9,5842	0,4158	9,9702	0	69
	10	9,5576	9,5879	0,4121	9,9697	50	
	20	9,5609	9,5917	0,4083	9,9692	40	
	30	9,5641	9,5954	0,4046	9,9687	30	
	40	9,5673	9,5991	0,4009	9,9682	20	
	50	9,5704	9,6028	0,3972	9,9677	10	
22	0	9,5736	9,6064	0,3936	9,9672	0	68
	10	9,5767	9,6100	0,3900	9,9667	50	
	20	9,5798	9,6136	0,3864	9,9661	40	
	30	9,5828	9,6172	0,3828	9,9656	30	
	40	9,5859	9,6208	0,3792	9,9651	20	
	50	9,5889	9,6243	0,3757	9,9646	10	
23	0	9,5919	9,6279	0,3721	9,9640	0	67
	10	9,5948	9,6314	0,3686	9,9635	50	
	20	9,5978	9,6348	0,3652	9,9629	40	
	30	9,6007	9,6383	0,3617	9,9624	30	
	40	9,6036	9,6417	0,3583	9,9618	20	
	50	9,6065	9,6452	0,3548	9,9613	10	
24	0	9,6093	9,6486	0,3514	9,9607	0	66
	10	9,6121	9,6520	0,3480	9,9602	50	
	20	9,6149	9,6553	0,3447	9,9596	40	
	30	9,6177	9,8567	0,3413	9,9590	30	
	40	9,6205	9,6620	0,3380	9,9584	20	
	50	9,6232	9,6654	0,3346	9,9579	10	
25	0	9,6259	9,6687	0,3313	9,9573	0	65
	10	9,6286	9,6720	0,3280	9,9567	50	
	20	9 6313	9,6752	0,3248	9,9561	40	
	30	9,6340	9,6785	0,3215	9,9555	30	
	40	9,6366	9,6817	0,3183	9,9549	20	
	50	9,6392	9,6850	0,3150	9,9543	10	
26	0	9,6418	9,6882	0,3118	9,9537	0	64
	10	9,6444	9,6914	0,3086	9,9530	50	
	20	9,6470	9,6946	0,3054	9,9524	40	
	30	9,6491	9,6977	0,3023	9,9518	30	
	40	9 6525	9 7009	0,2991	9,9512	20	
	50	9,6546	9,7040	0,2960	9,9505	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
27	0	9,6570	9,7072	0,2928	9,9499	0	63
	10	9,6595	9,7103	0,2897	9,9492	50	
	20	9,6620	9,7134	0,2866	9,9486	40	
	30	9,6644	9,7165	0,2835	9,9479	30	
	40	9,6668	9,7196	0,2804	9,9473	20	
	50	9,6692	9,7226	0,2774	9.9466	10	
28	0	9,6716	9,7257	0,2743	9,9459	0	62
	10	9,6740	9,7287	0,2713	9,9453	50	
	20	9,6763	9,7317	0,2683	9,9446	40	
	30	9,6787	9,7348	0,2652	9,9439	30	
	40	9,6810	9,7378	0,2622	9,9432	20	
	50	9,6833	9,7408	0,2592	9,9425	10	
29	0	9,6856	9,7438	0,2562	9,9418	0	61
	10	9,6878	9,7467	0,2533	9,9411	50	
	20	9,6901	9,7497	0,2503	9,9404	40	
	30	9,6923	9,7526	0,2474	9,9397	30	
	40	9,6946	9,7556	0,2444	9,9390	20	
	50	9,6968	9,7585	0,2415	9,9383	10	
30	0	9,6990	9,7614	0,2386	9,9375	0	60
	10	9,7012	9,7644	0,2356	9,9368	50	
	20	9,7033	9,7673	0,2327	9,9361	40	
	30	9,7055	9,7701	0,2299	9,9353	30	
	40	9,7076	9,7730	0,2270	9,9346	20	
	50	9,7097	9,7759	0,2241	9,9338	10	
31	0	9,7118	9,7788	0,2212	9,9331	0	59
	10	9,7139	9,7816	0,2184	9,9323	50	
	20	9,7160	9,7845	0,2155	9,9315	40	
	30	9,7181	9,7873	0,2127	9,9308	30	
	40	9,7201	9,7902	0,2098	9,9300	20	
	50	9,7222	9,7930	0,2070	9,9292	10	
32	0	9,7242	9,7958	0,2042	9,9284	0	58
	10	9,7262	9,7986	9,2014	9,9276	50	
	20	9,7282	9,8014	0,1986	9,9268	40	
	30	9,7302	9,8042	0,1958	9,9260	30	
	40	9,7322	9,8070	0,1930	9,9252	20	
	50	9,7342	9,8097	0,1903	9,9244	10	
33	0	9,7361	9,8125	0,1875	9,9236	0	57
	10	9,7380	9,8153	0,1847	9,9228	50	
	20	9,7400	9,8180	0,1820	9,9219	40	
	30	9,7419	9,8208	0,1792	9,9211	30	
	40	9,7438	9,8235	0,1765	9,9203	20	
	50	9,7457	9,8263	0,1737	9,9194	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
34	0	9,7476	9,8290	0,1710	9,9186	0	56
	10	9,7494	9,8317	0,1683	9,9177	50	
	20	9,7513	9,8344	0,1656	9,9169	40	
	30	9,7531	9,8371	0,1629	9,9160	30	
	40	9,7550	9,8398	0,1602	9,9151	20	
	50	9,7568	9,8425	0,1575	9,9142	10	
35	0	9,7586	9,8452	0,1548	9,9134	0	55
	10	9,7604	9,8479	0,1521	9,9125	50	
	20	9,7622	9,8506	0,1494	9,9116	40	
	30	9,7640	9,8533	0,1467	9,9107	30	
	40	9,7657	9,8559	0,1441	9,9098	20	
	50	9,7675	9,8586	0,1414	9,9089	10	
36	0	9,7692	9,8613	0,1387	9,9080	0	54
	10	9,7710	9,8639	0,1361	9,9070	50	
	20	9,7727	9,8666	0,1334	9,9061	40	
	30	9,7744	9,8692	0,1308	9,9052	30	
	40	9,7761	9,8718	0,1282	9,9042	20	
	50	9,7778	9,8745	0,1255	9,9033	10	
37	0	9,7795	9,8771	0,1229	9,9023	0	53
	10	9,7811	9,8797	0,1203	9,9014	50	
	20	9,7828	9,8824	0,1176	9,9004	40	
	30	9,7844	9,8850	0,1150	9,8995	30	
	40	9,7861	9,8876	0,1124	9,8985	20	
	50	9,7877	9,8902	0,1098	9,8975	10	
38	0	9,7893	9,8928	0,1072	9,8965	0	52
	10	9,7910	9,8954	0,1046	9,8955	50	
	20	9,7926	9,8980	0,1020	9,8945	40	
	30	9,7941	9,9006	0,0994	9,8935	30	
	40	9,7957	9,9032	0,0968	9,8925	20	
	50	9,7973	9,9058	0,0942	9,8915	10	
39	0	9,7989	9,9084	0,0916	9,8905	0	51
	10	9,8004	9,9110	0,0890	9,8895	50	
	20	9,8020	9,9135	0,0865	9,8884	40	
	30	9,8035	9,9161	0,0839	9,8874	30	
	40	9,8050	9,9187	0,0813	9,8864	20	
	50	9,8066	9,9212	0,0788	9,8853	10	
40	0	9,8081	9,9238	0,0762	9,8843	0	50
	10	9,8096	9,9264	0,0736	9,8832	50	
	20	9,8111	9,9289	0,0711	9,8821	40	
	30	9,8125	9,9315	0,0685	9,8810	30	
	40	9,8140	9,9341	0,0659	9,8800	20	
	50	9,8155	9,9366	0,0634	9,8789	10	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log. Cos	log. Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Hoek		log Sin	log Tg	log Cot	log Cos	Hoek	
Gr.	Min.					Min.	Gr.
41	0	9,8169	9,9392	0,0608	9,8778	0	49
	10	9,8184	9,9417	0,0583	9,8767	50	
	20	9,8198	9,9443	0,0557	9,8756	40	
	30	9,8213	9,9468	0,0532	9,8745	30	
	40	9,8227	9,9494	0,0506	9,8733	20	
	50	9,8241	9,9519	0,0481	9,8722	10	
42	0	9,8255	9,9544	0,0456	9.8711	0	48
	10	9,8269	9,9570	0,0430	9,8699	50	
	20	9,8283	9,9595	0,0405	9.8688	40	
	30	9,8297	9,9621	0,0379	9,8676	30	
	40	9,8311	9,9646	0,0354	9,8665	20	
	50	9,8324	9,9671	0,0329	9,8653	10	
43	0	9,8338	9,9697	0,0303	9,8641	0	47
	10	9,8351	9,9722	0,0278	9,8629	50	
	20	9,8365	9,9747	0,0253	9,8618	40	
	30	9,8378	9,9772	0,0228	9,8606	30	
	40	9,8391	9,9798	0,0202	9,8594	20	
	50	9,8405	9,9823	0,0177	9,8582	10	
44	0	9,9418	9,9848	0,0152	9,8569	0	46
	10	9,8431	9,9874	0,0126	9,8557	50	
	20	9,8444	9,9899	0,0101	9,8545	40	
	30	9,8457	9,9924	0,0076	9,8532	30	
	40	9,8469	9,9949	0,0051	9,8520	20	
	50	9,8482	9,9975	0,0025	9,8507	10	
45	0	9,8495	0,0000	0,0000	9.8495	0	45
Gr.	Min.					Min.	Gr.
Hoek		log Cos	log Cot	log Tg	log Sin	Hoek	

Trigonometrie.

Zijn van een driehoek A B C (zie fig. 1) A, B en C de hoeken, dan noemt men in den regel de zijden tegenover deze hoeken gelegen a, b en c.

Voor een driehoek gelden de volgende formules:

sinusregel: $a : \sin A = b : \sin B = c : \sin C$.

tangensregel: $(a + b) : (a - b) = \operatorname{tg} {}^1\!/_2 (A + B) : \operatorname{tg} {}^1\!/_2 (A - B)$.

cosinusregel: $\cos A = \dfrac{b^2 + c^2 - a^2}{2\,bc}$

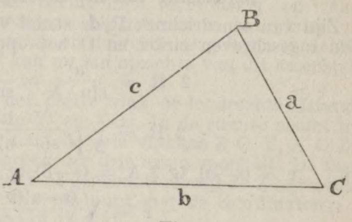


Fig. 1.

of voor logarithmen herleid:

$$\sin {}^1\!/_2 A = \sqrt{\frac{(s-b)\,(s-c)}{bc}}$$

waarin $a + b + c = 2s$

en $$\cos {}^1\!/_2 A = \sqrt{\frac{s\,(s-a)}{bc}}$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2 A = \sqrt{\frac{(s-b)\,(s-c)}{s\,(s-a)}}$$

Berekening van driehoeken, waarvan 3 grootheden gegeven zijn:

Gegeven	Gezocht	Te bezigen formules
a, b, c	A, B, C	$\sin {}^1\!/_2 A = \sqrt{\frac{(s-b)\,(s-c)}{bc}}$ $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$; $\cos {}^1\!/_2 A = \sqrt{\frac{s\,(s-a)}{bc}}$
a, b, C	c, A, B	$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos C}$ $\cot A = \frac{b - a \cos C}{a \sin C}$; $\cot B = \frac{a - b \cos C}{b \sin C}$
a, c, C	b, A, B	$\sin A = \frac{a \sin C}{c}$; $B = 180^0 - A - C$. $b = \frac{c \sin B}{\sin C}$.
a, B, C	b, c, A	$A = 180^0 - B - C$; $b = \frac{a \sin B}{\sin A}$ $c = \frac{a \sin C}{\sin A}$.
a, A, B	b, c, C	$b = \frac{a \sin B}{\sin A}$; $C = 180^0 - A - B$ $c = \frac{a \sin C}{\sin A}$.

Berekening van het oppervlak van driehoeken.

Voor een scherpen, zoowel als voor een stompen driehoek, is het oppervlak gelijk aan het halve product van twee zijden met den sinus van den ingesloten hoek of

$$O = \tfrac{1}{2}\, a \times b \times \sin C$$

Zijn de drie zijden van een driehoek gegeven, dan is

$$O = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}.$$

Berekening van in- en omgeschreven cirkels van driehoeken.

Zijn van een driehoek R de straal van den omgeschreven cirkel, r de straal van den ingeschreven cirkel en O het oppervlak, dan is

$$2\,R = \frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \quad \text{of ook}$$

$$2\,R = \frac{abc}{2\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}} = \frac{abc}{2O}$$

en $r = (s-a)\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}A = (s-b)\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}B = (s-c)\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}C$ of ook

$$r = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}} = \frac{O}{s}.$$

Men heeft dus ook $r\,s = \dfrac{abc}{4\,R}$.

Boldriehoeksmeting.

Zijn van een boldriehoek a, b en c de zijden, A, B en C de tegenoverliggende hoeken, $s = \tfrac{1}{2}(a + b + c)$, $S = \tfrac{1}{2}(A + B + C)$ en F de inhoud, dan heeft men voor de berekening de volgende formules:

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

$$\sin \tfrac{1}{2} a = \sqrt{\frac{-\cos S.\ \cos (S-A)}{\sin B.\ \sin C}}$$

$$\cos \tfrac{1}{2} a = \sqrt{\frac{\cos (S-B).\ \cos (S-C)}{\sin B.\ \sin C}}$$

$$\sin \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin (s-b).\ \sin (s-c)}{\sin b.\ \sin c}}$$

$$\cos \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin s.\ \sin (s-a)}{\sin b \sin c}}$$

$$F = \frac{A + B + C - 180^\circ}{180^\circ} \times \pi\, r^2 = \frac{E}{180^\circ} \times \pi\, r^2$$

waarin r de straal van den bol en E het spherisch exces ($= A + B + C - 180^\circ$) waarvoor geldt:

$$\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{4} E = \sqrt{\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2} s.\ \mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(s-a).\ \mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(s-b).\ \mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(s-c)}.$$

Analytische Meetkunde.

Punten van geometrische figuren worden vastgelegd aan een of ander assenstelsel door middel van coördinaten. Veelal neemt men rechthoekig op elkaar staande assen (rechthoekig assenstelsel), waarvan bij gebruik in het platte vlak de horizontaal gelegen as de X-as of abscissenas en de verticaal gelegen as de Y-as of ordinatenas wordt genoemd. Een punt P kan nu ten opzichte van dit assenstelsel worden bepaald door:

a. Rechthoekige coördinaten. Zij zijn in het platte vlak de loodrechte afstanden x (abscis) en y (ordinaat) van dit punt tot de Y- en X-as. In de ruimte neemt men voor haar de loodrechte afstanden x, y en z tot de drie vlakken Z O Y, X O Z en X O Y, wanneer O het snijpunt of de oorsprong der drie assen voorstelt. De assen, in het horizontale vlak gelegen, worden X- en Y-as genoemd, terwijl de Z-as verticaal genomen wordt. De algemeene aanduiding van een punt met de coördinaten x en y of x, y en z wordt volgens dit stelsel (x.y) of (x.y z).

b. Poolcoördinaten. Zij worden in het platte vlak voorgesteld door den afstand r van het punt P tot den oorsprong O van het assenstelsel en den hoek θ van de lijn PO met de X-as. In de ruimte worden de coördinaten gevormd door den afstand (vector) r, den hoek θ, welken de vector r met het vlak X O Y maakt en den hoek φ, welken de horizontale projectie van den vector in het vlak X O Y met de X-as maakt.

Het verband tusschen rechthoekige en pool coördinaten is in het platte vlak

$$x = r \cos \theta$$
$$y = r \sin \theta$$

en in de ruimte:

$$x = r \cos \varphi \cos \theta$$
$$y = r \sin \varphi$$
$$z = r \sin \theta$$

Elke vergelijking in x en y of x, y en z, welke kan worden uitgedrukt door f (x.y) = 0 of f (x.y.z.) = 0 stelt een oneindig aantal punten voor, welke lijnen, krommen of oppervlakken vormen.

Transformatieformules.

In het platte vlak.

1. Wordt het rechthoekig assenstelsel *evenwijdig verplaatst* in den stand $X_1 O_1 Y_1$ met de coördinaten x_0 y_0 van den oorsprong O_1 dan is de betrekking tusschen de beide coördinatenstelsels:

$$x = x_1 + x_0 \text{ of } x_1 = x - x_0$$
$$y = y_1 + y_0 \text{ of } y_1 = y - y_0$$

2. Bij de transformatie in een rechthoekig coördinatensysteem met *denzelfden oorsprong maar andere asrichting*, bepaald door den hoek α der beide x-assen, worden de formules

$$x = x_1 \cos \alpha - y_1 \sin \alpha$$
$$y = x_1 \sin \alpha + y_1 \cos \alpha$$

of bij poolcoördinaten:

$$x = r \cos (\varphi + \alpha) = r \cos \varphi \cos \alpha - r \sin \varphi \sin \alpha$$
$$y = r \sin (\varphi + \alpha) = r \sin \varphi \cos \alpha + r \cos \varphi \sin \alpha$$

3. Bij de transformatie in een ander rechthoekig assenstelsel, dat *noch den oorsprong noch de richting gemeen heeft*, worden de formules

$$x = x_0 + x_1 \cos \alpha - y_1 \sin \alpha$$
$$y = y_0 + x_1 \sin \alpha + y_1 \cos \alpha$$

waarin x_0 y_0 de ordinaten van den oorsprong en α de hoek der beide x-assen.

In de ruimte worden de formules voor geval 1:

$$x = x_1 + x_0$$
$$y = y_1 + y_0$$
$$z = z_1 + z_0$$

waarin (x_0 y_0 z_0) de coördinaten van den nieuwen oorsprong. Voor geval 2:

$$x = x_1 \cos(x\,x_1) + y_1 \cos(x\,y_1) + z_1 \cos(x\,z_1)$$
$$y = x_1 \cos(y\,x_1) + y_1 \cos(y\,y_1) + z_1 \cos(y\,z_1)$$
$$z = x_1 \cos(z\,x_1) + y_1 \cos(z\,y_1) + z_1 \cos(z\,z_1)$$

waarin $(x\,x_1)$, $(y\,x_1)$, $(z\,x_1)$ de hoeken der X-, Y- en Z-as met de X_1-as.
$(x\,y_1)$, $(y\,y_1)$, $(z\,y_1)$ de hoeken der X-, Y- en Z-as met de Y_1-as.
en $(x\,z_1)$, $(y\,z_1)$, $(z\,z_1)$ de hoeken der X-, Y- en Z-as met de Z_1-as.

Tusschen deze 9 hoeken bestaan evenwel de 6 betrekkingen

$$\left.\begin{aligned} \cos^2(x\,x_1) + \cos^2(y\,x_1) + \cos^2(z\,x_1) = 1 \\ \cos^2(x\,y_1) + \cos^2(y\,y_1) + \cos^2(z\,y_1) = 1 \\ \cos^2(x\,z_1) + \cos^2(y\,z_1) + \cos^2(z\,z_1) = 1 \end{aligned}\right\} \text{(a)}$$

$$\left.\begin{aligned} \cos(x\,x_1)\cos(x\,y_1) + \cos(y\,x_1)\cos(y\,y_1) + \cos(z\,x_1)\cos(z\,y_1) = 0 \\ \cos(x\,y_1)\cos(x\,z_1) + \cos(y\,y_1)\cos(y\,z_1) + \cos(z\,y_1)\cos(z\,z_1) = 0 \\ \cos(x\,z_1)\cos(x\,x_1) + \cos(y\,z_1)\cos(y\,x_1) + \cos(z\,z_1)\cos(z\,x_1) = 0 \end{aligned}\right\} \text{(b)}$$

Voor geval 3 worden de vergelijkingen:

$$x = x_0 + x_1 \cos(x\,x_1) + y_1 \cos(x\,y_1) + z_1 \cos(x\,z_1)$$
$$y = y_0 + x_1 \cos(y\,x_1) + y_1 \cos(y\,y_1) + z_1 \cos(y\,z_1)$$
$$z = z_0 + x_1 \cos(z\,x_1) + y_1 \cos(z\,y_1) + z_1 \cos(z\,z_1)$$

en de betrekkingen (a) en (b)

Vergelijkingen van lijnen en krommen.

In het platte vlak.

1. *Rechte lijn.* Een rechte lijn wordt bepaald door een vergelijking van den eersten graad:

$$a\,x + b\,y + c = 0$$
of
$$y = p\,x + q$$

waarin $p = \operatorname{tg} \alpha$ = de tangens van den hellingshoek van de rechte lijn met de X-as en q = het afgesneden stuk van de ordinaat.

De vergelijking van een rechte lijn, door een gegeven punt $(x_1\,y_1)$ gaande, is:

$$y - y_1 = p\,(x - x_1)$$

en die van de rechte lijn, gaande door twee gegeven punten $(x_1\,y_1)$ en $(x_2\,y_2)$:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

2. *Cirkel.* De algemeene vergelijking ten opzichte van een willekeurig rechthoekig assenstelsel is:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$$

waarin (a.b) de coördinaten van het middelpunt.

Ligt de oorsprong van het assenstelsel in het middelpunt van den cirkel, dan is de middelpuntsvergelijking: $x^2 + y^2 = r^2$.

3. *Kegelsneden.* De vergelijking

$$a\,x^2 + b\,x\,y + c\,y^2 + d\,x + e\,y + f = 0$$

stelt een ellips, parabool of hyperbool voor, naar gelang

$$b^2 - 4\,a\,c <, = \text{ of } > 0 \text{ is.}$$

Ellips. De middelpuntsvergelijking is:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

waarin a en b de halve assen.

De afstand van het brandpunt op de groote as van het middelpunt is

$$\sqrt{a^2 - b^2}$$

De excentriciteit is $e = \frac{1}{a}\sqrt{a^2 - b^2}$.

De som der voerstralen $v_1 + v_2 = 2a$.

De ordinaat van het brandpunt of de halve parameter

$$p = a\,(1 - e^2) = \frac{b^2}{a}.$$

De topvergelijking van de ellips wordt daarmede

$$y^2 = 2px - \frac{p}{a}\,x^2$$

De brandpuntsvergelijking in poolcoördinaten is:

$$r = \frac{p}{1 - E \cos\varphi}$$

waarin E de numerische excentriciteit $= \frac{e}{a}$

r en φ de poolcoördinaten ten opzichte van het brandpunt als pool.

De raaklijn aan de ellips deelt den uitwendigen hoek der voerstralen middendoor.

Parabool. De topvergelijking is $y^2 = 2\ p\ x$, waarin p de halve parameter. De afstand van het brandpunt tot den top is $\frac{1}{2}$ p.

De voerstraal $v = x + \frac{1}{2}\ p$ en gelijk aan den loodrechten afstand van het punt van de parabool tot de lijn (richtlijn), welke op den afstand $- \frac{1}{2}$ p evenwijdig aan de Y-as loopt.

De brandpuntsvergelijking in poolcoördinaten is:

$$r = \frac{p}{1 - \cos\varphi}$$

De raaklijn deelt den uitwendigen hoek van voerstraal en middellijn middendoor.

Hyperbool. De middelpuntsvergelijking is

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

waarin a en b de halve assen.

De excentriciteit $e = \frac{1}{a}\sqrt{a^2 + b^2}.$

Het verschil der voerstralen $v_1 - v_2 = 2a.$

De ordinaat van een brandpunt of de halve parameter is

$$p = -\ a\ (1 - e^2) = \frac{b^2}{a.}$$

De topvergelijking is:

$$y^2 = 2\ px + \frac{p}{a}\ x^2$$

De brandpuntsvergelijking met poolcoördinaten:

$$r = \frac{p}{1 - e \cos\varphi}$$

De raaklijn in eenig punt van de hyperbool deelt den hoek der voerstralen middendoor.

De vergelijking der asymptoten is

$$y = \pm \frac{b}{a}\ x.$$

4. *Cycloïde* is de kromme, welke een punt van een cirkel beschrijft, wanneer deze cirkel langs een rechte lijn rolt. De vergelijking ten opzichte van de rechte lijn als X-as en de middellijn van het oorspronkelijk raakpunt als Y-as is:

$$x = r\ (\varphi - \sin\varphi)$$
$$y = r\ (\varphi - \cos\varphi)$$

waarin r de straal van den cirkel,

φ de omwentelingshoek van den straal.

5. *Epicycloïde* is de kromme, welke een punt van den cirkelomtrek beschrijft, wanneer deze cirkel langs de buitenzijde van een anderen cirkel rolt. Neemt men het middelpunt van den vasten cirkel als oorsprong O van het assenstelsel en de middellijn van den rollenden cirkel in zijn oorspronkelijken stand, gaande door het raakpunt en dus ook door den oorsprong O als X-as, dan is de vergelijking:

$$x = (R + r) \cos\left(\frac{r}{R}\ \varphi\right) - r \cos\left(\frac{R + r}{R}\ \varphi\right)$$

$$y = (R + r) \sin\left(\frac{r}{R}\ \varphi\right) - r \sin\left(\frac{R + r}{R}\ \varphi\right)$$

waarin R de straal van den vasten cirkel

r „ „ „ „ rollenden „

φ de omwentelingshoek van den straal in het oorspronkelijk raakpunt.

6. *Hypocycloïde* is de kromme, welke een punt van den cirkel beschrijft, wanneer deze cirkel langs de binnenzijde van een anderen cirkel rolt. Neemt men het middelpunt van den vasten cirkel als oorsprong van het assenstelsel en de middellijn van het oorspronkelijk raakpunt als X-as, dan is de vergelijking:

$$x = (R - r) \cos\left(\frac{r}{R}\varphi\right) + r \cos\left(\frac{R-r}{R}\varphi\right)$$

$$y = (R - r) \sin\left(\frac{r}{R}\varphi\right) - r \sin\left(\frac{R-r}{R}\varphi\right)$$

7. *Cirkelevolvente* beschrijft eenzelfde punt van een lijn, welke van den omtrek van een cirkel wordt afgerold. Is het middelpunt van den cirkel de oorsprong van het assenstelsel en de middellijn van den cirkel, gaande door het oorspronkelijk punt, dat afgerold wordt, de X-as, dan is de vergelijking:

$$x = r(\cos\varphi + \varphi \sin\varphi)$$
$$y = r(\sin\varphi - \varphi \cos\varphi)$$

waarin φ de afwentelingshoek van de stralen van het oorspronkelijk raakpunt tot het volgend raakpunt van de lijn.

8. *Archimedische spiraal* wordt gevormd door een punt, dat zich met eenparige snelheid over een straal beweegt, welke straal op zijn beurt om een vast punt draait. De vergelijking met poolcoördinaten ten opzichte van een assenstelsel, waarvan de oorsprong de ligging van het punt bij het begin is en de X-as de richting van den oorspronkelijken straal is, luidt:

$$r = a\varphi = \frac{r_0}{2\pi}\varphi, \text{ waarin}$$

r = de grootte van den straal
r_0 = „ „ „ „ beginstraal
φ = de hoek van dezen beginstraal af gerekend.

9. *Kettinglijn* is de kromme, welke een ketting of touw van overal gelijk gewicht door haar eigengewicht aanneemt, wanneer zij aan twee eindpunten is opgehangen. Ligt de oorsprong van het assenstelsel op een afstand a van het laagste (midden-) punt van de kettinglijn en gaat de Y-as door dit punt, dan is de vergelijking:

$$y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}}\right)$$

$$x = a \lg\left(\frac{y \pm \sqrt{y^2 - a^2}}{a}\right).$$

In de ruimte.

1. *Rechte lijn.* Een rechte lijn is bepaald door twee vergelijkingen tusschen de coördinaten van haar punten:

$$y = ax + b$$
$$z = cx + d$$

Gaat de rechte door een gegeven punt ($x_1\ y_1\ z_1$) en maakt zij met de coördinaatassen de hoeken α, β en γ, dan is haar vergelijking:

$$\frac{x - x_1}{\cos\alpha} = \frac{y - y_1}{\cos\beta} = \frac{z - z_1}{\cos\gamma}.$$

De vergelijking van de rechte lijn, gaande door twee gegeven punten ($x_1\ y_1\ z_1$) en ($x_2\ y_2\ z_2$) is:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}.$$

2. *Vlak.* De vergelijking van een vlak is in het algemeen:

$$ax + by + cz + d = 0.$$

Snijdt het vlak de coördinaatassen op afstanden a, b en c van den oorsprong, dan is de vergelijking:

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1.$$

De vergelijking van een vlak loodrecht op een gegeven lijn, welke met de assen de hoeken α, β en γ maakt, is:

$$x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma - l = o,$$

waarin l de lengte van de loodlijn tot den oorsprong der coördinaatassen.

De vergelijking van een vlak, door een gegeven punt (x_1 y_1 z_1) gaande, is:

$$(x - x_1) \cos \alpha + (y - y_1) \cos \beta + (z - z_1) \cos \gamma = 0,$$

waarin α, β en γ de hoeken met de asen van de lijn, welke het gegeven punt met den oorsprong der assen verbindt.

Differentiaal- en Integraalrekening.

Differentiaalrekening.

Limiet van veranderlijke grootheden.

Nadert een veranderlijke grootheid na opeenvolgende waarden hoe langer hoe meer tot een bepaald getal, zonder dat getal ooit te bereiken, terwijl het verschil tusschen de grootheid en het bepaalde getal hoe langer hoe kleiner wordt en kleiner dan elk getal, hoe klein ook, dan is het bepaalde getal de *limiet* van de veranderlijke grootheid.

Is de limiet van een veranderlijke grootheid gelijk 0, dan wordt deze grootheid oneindig klein genoemd; is de limiet oneindig, dan wordt de grootheid oneindig groot genoemd.

Limieten van eenige grootheden.

Om de waarde van een limiet te bepalen moet men aangeven, welke waarden de veranderlijke in een grootheid moet doorloopen b.v.

$\lim_{n=\infty}$ beteekent bij de waarden van de veranderlijke *n* tot oneindig naderend.

$\lim_{n=0}$ beteekent bij de waarden van *n* tot o naderend

$\lim_{x_1=x}$ beteekent bij de waarden van x_1 tot x naderend

$$\lim_{n=\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n = e = 2{,}718\ 281\ 828\ 459\ldots$$

$$\lim_{x=0}\frac{\sin x}{x} = 1.$$

$$\lim_{x=a}\frac{x^n - a^n}{x - a} = na^{n-1}$$

Functies van één onafhankelijk veranderlijke.

Bestaat tusschen twee veranderlijke grootheden x en y b.v. de betrekking

$$y = a x^2 + b x + c$$

dan is daarin x de *onafhankelijk veranderlijke* of het *argument* en y de *afhankelijk veranderlijke* of een *functie* van x.

In de bovenstaande vergelijking, welke naar y is opgelost, noemt men y een *ontwikkelde* of *explicite functie* van x of $y = f(x)$.

Vergelijkingen in den vorm

$$y^2 + a x y + b x^2 + c = 0$$

geven y in *onontwikkelde* of *implicite functie* van x of $f(x.y) = 0$

De ontwikkelde functies $y = f(x)$ kan men onderscheiden in *algebraïsche* functies, waarbij tusschen x en constante grootten alleen algebraïsche verhoudingen bestaan optelling, aftrekking, vermenigvuldiging, deeling, worteltrekking en in *transcendente functies* als

$$y = \sin x$$
$$y = a^x$$
$$y = \log x, \text{ enz.}$$

De *algebraïsche functies* zijn geheel *rationeel*, wanneer zij gevormd worden uit x en constante grootten alleen door optellen, aftrekken en vermenigvuldigen, b.v.

$$y = a x^3 - b x^2 + c x + d$$

en wel is deze functie een geheel rationeele functie van den 3en graad. Functies, waarbij tevens deeling voorkomt zooals

$$y = \frac{a x^2 - b}{c x + d}$$

zijn gebroken *rationeel*.

Heeft tevens worteltrekking plaats, dan zijn de functies *irrationeel* b.v.

$$y = \sqrt{ax + b}, \text{ enz.}$$

Geven in een functie y = f x voor alle waarden van x oneindig kleine veranderingen van x ook oneindig kleine veranderingen van y, dan noemt men de functie *continu* of doorloopend in tegenstelling met functies, waarbij een oneindig kleine verandering van x een oneindig groote of eindige waarde van y geven b.v.

$$y = \frac{1}{x - a}$$

$$y = \frac{1}{x^2}, \text{ enz.}$$

welke *discontinue* of *ondoorloopende* functies worden genoemd. De oneindig kleine aangroeiingen $\triangle x$ en $\triangle y$ van de grootheden x en y noemt men de differentialen van x en y of d x en d y: hun quotiënt het *differentiaalquotiënt* of de limiet, waartoe de verhouding der aangroeiingen van y en x nadert, wanneer de aangroeiing van x oneindig klein wordt. Alzoo

$$\frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx} = y_1 = \lim_{\triangle x = 0} \frac{\triangle y}{\triangle x} = \lim_{x_1 = x} \frac{y_1 - y}{x_1 - x} =$$

$$= \lim_{\triangle x = 0} \frac{f(x + \triangle x) - f(x)}{\triangle x} = f^1(x)$$

en wordt de afgeleine functie genoemd.

Het differentiaalquotiënt is tevens gelijk aan de tangens van den hoek, welken de raaklijn in een punt van de door de functie y = f (x) voorgestelde kromme met de positieve richting van de x-as maakt.

Differentiaalquotiënten of afgeleiden van verschillende functies:

Functie vermeerderd of verminderd met een constante

$$\frac{d(y + C)}{dx} = \frac{dy}{dx}$$

Product of quotiënt van een functie met een constante

$$\frac{d(C\,y)}{dx} = C\,\frac{dy}{dx}.$$

Som of verschil van twee functies u = f (x) en v = f (x)

$$\frac{d(u \pm v)}{dx} = \frac{du}{dx} \pm \frac{dv}{dx}.$$

Product van twee functies u = f (x) en v = f (x):

$$\frac{d(u\,v)}{dx} = v\frac{du}{dx} + u\,\frac{dv}{dx}.$$

Quotiënt van twee functies u = f (x) en v = f (x):

$$\frac{d\left(\frac{u}{v}\right)}{dx} = \frac{v\,\frac{du}{dx} - u\,\frac{dv}{dx}}{v^2}$$

$$\frac{d\left(x^m\right)}{dx} = m\,x^{m-1} \qquad \frac{d\sqrt{x}}{dx} = \frac{dx}{2\sqrt{x}}$$

$$\frac{d\,(lgx)}{dx} = \frac{1}{x} \qquad \frac{d\log_a x}{dx} = \frac{1}{x\ lg.\ a}$$

(hierin beduidt *a* het grondgetal van het logarithmenstelsel).

$$\frac{d(\sin x)}{dx} = \cos x. \qquad \frac{d(\cos x)}{dx} = -\sin x.$$

$$\frac{d(tg\ x)}{d\,x} = \frac{1}{\cos^2 x} = 1 + tg^2\,x.$$

$$\frac{d(\cot x)}{dx} = -\frac{1}{\sin^2 x} = -(1 + \cot^2 x)$$

$$\frac{d\,(bg\ \sin x)}{dx} = \frac{1}{\sqrt{(1-x^2)}} \qquad \frac{d\,(bg\ \cos x)}{dx} = -\frac{1}{\sqrt{(1-x^2)}}$$

$$\frac{d\,(bg\ tg\,x)}{dx} = \frac{1}{1+x^2} \qquad \frac{d\,(bg\ \cot x)}{dx} = -\frac{1}{1+x^2}$$

$$\frac{d\sqrt{a^2 \pm x^2}}{dx} = \frac{\pm x}{\sqrt{a^2 \pm x^2}} \qquad \frac{d\sqrt{x^2 - a^2}}{dx} = \frac{x}{\sqrt{x^2 - a^2}}$$

$$\frac{d\,(a^x)}{dx} = a^x \lg a \qquad \frac{d\,(e^x)}{dx} = e^x$$

Afleidingen en differentialen van hoogere orde.

Is $\frac{dy}{dx} = \frac{d\,f\,(x)}{dx} = f'\,(x)$ de eerste afgeleide van f (x), dan is de tweede afgeleide

$$\frac{d\,f'\,(x)}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} = f''\,(x)$$

en de nde afgeleide $\frac{d^n\,y}{dx} = f^{(n)}\,(x).$

Reeksen van Taylor en Mac-Laurin.

Is y = f (x) een geheele rationeele functie van x, dan is

$$f\,x(+h) = f\,(x) + \frac{h}{1}\,f'\,(x) + \frac{h}{1.2}\,f''\,(x) + \frac{h}{1\,.\,2\,.\,3}\,f'''\,(x) + \ldots \frac{h^n}{1\,.\,2\,..\,n}\,f^{(n)}(x)$$

Is y = f (x) geen geheele rationeele functie van x, dan is

$$f\,(x+h) = f\,(x)\ \frac{h}{1\,!}\,f'\,(x) + \frac{h^2}{2\,!}\,f''\,(x) + \frac{h^3}{3\,!}\,f'''\,(x) + \ldots \frac{h^n}{n\,!}\,f^{(n)}\,(x) + R(est)$$

In enkele gevallen is de rest gemakkelijk te berekenen, in de meeste gevallen evenwel niet. Men kan echter nagaan, wanneer n grooter wordt, of de rest tot nul nadert of wel dat de rest grooter wordt.

De grootte van de rest is

$$R = \frac{h^{n+1}}{n+1\,!}\,f^{(n+1)}\,(x \times \theta\,h)$$

Een andere schrijfwijze van de reeks van Taylor krijgt men door x + h door x en x door a te vervangen:

$$f\,(x) = f\,(a) + \frac{x-a}{1\,!}\,f'\,(a) + \frac{(x-a)^2}{2\,!}\,f''\,(a) + \frac{(x-a)^3}{3\,!}\,f'''\,(a) + \ldots$$

$$\frac{x-a)^n}{n\,!}\,f^{(n)}\,(a) + R$$

$$\text{waarin } R = \frac{(x-a^{n+1}}{n+1\,!}\,f^{(n+1)}\left\{a + \theta\,(n-a)\right\}$$

Voor a = o krijgt men de reeks van Mac-Laurin:

$$f\,(x) = f\,(0) + \frac{x}{1\,!}\,f'\,(0) + \frac{x^2}{2\,!}\,f''\,(0) + \frac{x^3}{3\,!}\,f'''\,(0) + \ldots \frac{x^{n+1}}{n+1\,!}\,f^{(n+1)}\ \ (\theta\,x)$$

Het differentieeren van implicite functies.

Van de implicite functie F (x.y) = C is de afgeleide

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{F'\,x\ (x.\ y)}{F'\,y\ (x.\ y)} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial x}}{\frac{\partial F}{\partial y}}$$

waarin $F'_x\,(x\,.\,y) = \frac{\partial F}{\partial x}$ de afgeleide van F (x . y) ten opzichte van x

en $F'_y\,(x\,.\,y) = \frac{\partial F}{\partial y}$ „ „ „ „ „ „ „ „ y

voorstellen, of ook

$$\frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y}\frac{dy}{dx} = 0 \ldots (1)$$

Deze weder gedifferentieerd geeft

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + 2\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y}\frac{dy}{dx} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \frac{\partial F}{\partial y}\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \ldots (2)$$

waaruit de tweede afgeleide $\frac{d^2y}{dx^2}$ is te vinden.

Maxima en Minima van functies van één onafhankelijk veranderlijke.

De functie f(x) kan alleen voor die waarden van x een maximum of minimum worden, waarvoor f'(x) gelijk nul of oneindig groot wordt.

De gevonden waarde van x bepaalt een minimum, wanneer voor kleine afname of aangroeiing a:

$$f'(x - a) < 0 \text{ en } f'(x + a) > 0 \text{ is}$$

en een maximum, wanneer

$$f'(x - a) > 0 \text{ en } f'(x + a) < 0 \text{ is.}$$

Of ook: is $f^{(n)}(x)$ de volgende afgeleide van f(x), welke voor de gevonden waarde van x niet gelijk nul wordt, dan is

f(x) een maximum, wanneer n even en $f^{(n)}(x)$ negatief is,
en f(x) een minimum, „ „ „ „ „ positief is.

Is n oneven, dan treedt noch een maximum noch een minimum in.

Functies van twee en meer onafhankelijk veranderlijken.

Heeft men een functie z = f (x . y) van twee onafhankelijk veranderlijken x en y, dan is de totale differentiaal:

$$dz = \frac{\partial f(x.y)}{\partial x}dx + \frac{\partial f(x.y)}{\partial y}dy.$$

waarin $\frac{\partial f(x.y)}{\partial x} = \frac{\partial z}{\partial x}$ en $\frac{\partial f(x.y)}{\partial y} = \frac{\partial z}{dy}$ de partieele differentialen van z = f (x . y).

Evenzoo is bij z = f (u.v.w.)

$$dz = \frac{\partial z}{\partial u}du + \frac{\partial z}{\partial v}dv + \frac{\partial z}{\partial w}dw.$$

Stelt men de partieele differentialen

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial f(x.y)}{\partial x} \text{ voor door } f_1(x.y)$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{\partial f(x.y)}{\partial y} \quad „ \quad „ \quad f_2(x.y)$$

en de afgeleiden

$$\frac{\partial f_1(x.y)}{\partial x} = f_{11}(x.y) \qquad \frac{\partial f_1(x.y)}{\partial y} = f_{12}(x.y)$$

$$\frac{\partial f_2(x.y)}{\partial x} = f_{21}(x.y) \qquad \frac{\partial f_2(x.y)}{\partial x} = f_{22}(x.y)$$

dan is

$$f_{21}(x.y) = f_{12}(x.y).$$

Voor de tweede differentiaal van z = f (x . y) heeft men

$$d^2z = d(dz) = \frac{\partial(dz)}{\partial x}dx + \frac{\partial(dz)}{\partial y}dx$$

$$\text{of } d^2z = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}dx^2 + 2\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y}dx\,dy + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}dy^2$$

of symbolisch aangeduid door

$$d^2z = \left(\frac{\partial z}{\partial x}dx + \frac{\partial z}{\partial y}dy\right)^2$$

in het algemeen

$$d^n z = \left(\frac{\partial z}{\partial x}dx + \frac{\partial z}{\partial y}dy\right)^n$$

Grootheden bij kromme lijnen ten opzichte van een rechthoekig assenstelsel.

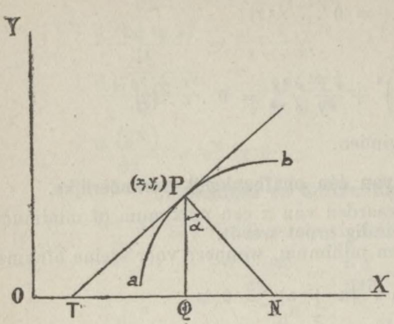


Fig. 1.

Vlakke krommen.

Wordt de kromme a b (fig. 1) voorgesteld door

$$y = f(x)$$

dan is $$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$$

en de *vergelijking van de raaklijn of tangent* in het punt P $(x_1 \, y_1)$:

$$y - y_1 = \phi \frac{dy}{dx} (x - x_1)$$

en de normaal in P:

$$y - y_1 = - \frac{dx}{dy} (x - x_1)$$

De grootte van den tangent.

$$PT = T = y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

en de *grootte van de normaal* $$PN = N = y \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2}$$

De grootte van den *subtangent* $$TQ = St = y\frac{dx}{dy}$$

en van de *subnormaal* $$QN = Sn = y\frac{dy}{dx}.$$

De *asymptoot* d. i. de tangent van een kromme, waarvan het raakpunt oneindig ver is, wordt als volgt gevonden:

Is de vergelijking van de kromme

$$F(x \, . \, y) = U_n (x \, . \, y) + U_{n-1} (x \, . \, y) + \, . \, . \; U_1 (x \, . \, y) + U_0 = 0 \, . \, . \; (1)$$

$$\text{waarin } U_n = ay^n + a_1 xy^{n-1} + \ldots a_n x^n$$

$$U_{n-1} = by^{n-1} + b_1 x y^{n-2} + \, . \, . \; b_{n-1} x^{n-1} \text{ enz.}$$

en van de asymptoot $y' = m \, x' + \mu \ldots (2)$
dan worden de n waarden van m gevonden uit de vergelijking

$$\lim_{x = \infty} \frac{U_n (x \, . \, y)}{x^n} = 0, \text{ waarin } \frac{y}{x} = m \text{ gesteld wordt.}$$

De waarde van μ wordt gevonden door de waarde van y^1 uit (2) met de gevonden waarde van m te substitueeren in (1) en daarna x oneindig groot te laten worden of

$$\lim_{x = \infty} \frac{F(x \, . \, mx + \mu)}{x^{n-1}} = 0 \text{ te stellen.}$$

Voorbeeld: De asymptoot van de kromme

$$b^2x^2 - a^2y^2 - a^2b^2 = 0 \ldots (1) \text{ te bepalen.}$$

De kromme is van den 2en graad en dus

$$\frac{U_2}{x_2} = \frac{b^2x^2 - a^2y^2}{x^2} = b^2 - a^3 \left(\frac{y}{x}\right)^2$$

$$\lim_{x = \infty} . \frac{U_2}{x^2} = b^2 - a^2 \, m^2 = 0$$

waaruit $$m_1 = \frac{b}{a} \text{ en } m_2 = - \frac{b}{a}$$

De vergelijking van één asymptoot is dus

$$y^1 = \frac{b}{a} \, x^1 + \mu \ldots (2)$$

(2) in (1) gesubstitueerd geeft:

$$b^2x^2 - b^2x^2 - 2\,ab\,\mu\,x - a^2\mu^2 - a^2b^2 = 0$$

of $$-2\,ab\,\mu - \frac{a^2\mu^2 + a^2b^2}{x} = 0$$

of bij $x = \infty$: $$-2\,ab\,\mu = 0$$

of $$\mu = 0$$

zoodat de vergelijkingen van de beide asymptoten zijn:

$$y^1 = \frac{b}{a}\,x^1 \qquad \text{en } y^1 = -\frac{b}{a}\,x^1$$

Een kromme is *naar boven concaaf*, wanneer $\frac{d^2y}{dx^2} = f''(x)$ grooter is dan nul en *naar boven convex*, wanneer $\frac{d^2y}{dx^2} = f''(x)$ kleiner dan nul is.

Een *buigpunt* heeft men, wanneer voor dit punt $\frac{dy^2}{dx^2} = f''(x) = 0$ of ∞ wordt, terwijl tevens het teeken wisselt.

De *kromtestraal* wordt in grootte voorgesteld door

$$\rho = \pm \frac{\left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

of bij benadering door

$$\rho = \pm \frac{1}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

Integraalrekening.

$\Phi(x)$ heet de integraal van $f(x)$, wanneer $\frac{d\Phi(x)}{dx} = f(x)$ is,

alzoo

$$\int f(x)\,dx = \Phi(x) + C \ldots (1)$$

Integraalformules.

(Hierin is de integraalconstante C voor onbepaalde integralen weggelaten.)

Algemeene formules. Is aan (1) voldaan, dan gelden ook:

$$\int f(x + a)\,dx = \Phi(x + a)$$

$$\int f(a\,x)\,dx = \frac{1}{a}\,\Phi(ax)$$

$$\int f(ax + b)\,dx = \frac{1}{a}\,\Phi(ax + b)$$

Is $f(x) = \Phi'(x)$ dan is

$$\int \frac{f(x)}{\Phi(x)}\,dx = \int \frac{\Phi'(x)}{\Phi(x)}\,dx = \lg\Phi(x)$$

$$\int a\,f(x)\,dx = a\int f(x)\,dx$$

$$\int \left\{ \Phi(x) + \zeta(x) \right\} dx = \int \Phi(x)\,dx + \int \zeta(x)\,dx$$

$$\int u\,\frac{dv}{dx}\,dx = u\,.\,v - \int v\,\frac{du}{dx}\,dx$$

Grondformules:

$$\int x^n\,dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad \text{bij } x \gtrless -1$$

$$\int \frac{dx}{x} = \lg x \qquad \int a^x\,dx = \frac{a^x}{\lg a}$$

$$\int \sin x \, dx = - \cos x \qquad \int \cos x \, dx = \sin x$$

$$\int e^x \, dx = e^x$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x \qquad \int \frac{dx}{\sin^2 x} = - \cot x$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2}} = \operatorname{bg} \sin x \quad \text{of} \; - \operatorname{bg} \cos x$$

$$\int \frac{dx}{1 + x^2} = \operatorname{bg} \operatorname{tg} x \quad \text{of} \; - \operatorname{bg} \cot x$$

Rationeele functies.

$$\int \frac{dx}{a + bx} = \frac{1}{b} \lg (a + bx) \qquad \int \frac{dx}{(a + bx)^2} = - \frac{1}{b} \frac{1}{a + bx}$$

$$\int \frac{dx}{a + bx^2} = \frac{1}{\sqrt{ab}} \operatorname{bg} \operatorname{tg} \left(x \frac{\sqrt{b}}{a} \right)$$

$$\int \frac{dx}{x^2 + 2px + q} = \int \frac{dx}{(x + p)^2 + (q - p^2)} = \frac{1}{\sqrt{q - p^2}} \operatorname{bg} \operatorname{tg} \frac{x + p}{\sqrt{q - p^2}}$$

wanneer $q > p^2$

$$\int \frac{dx}{1 - x^2} = \frac{1}{2} \lg \frac{1 + x}{1 - x}$$

$$\int \frac{dx}{x^2 - 1} = \frac{1}{2} \lg \frac{x - 1}{x + 1}$$

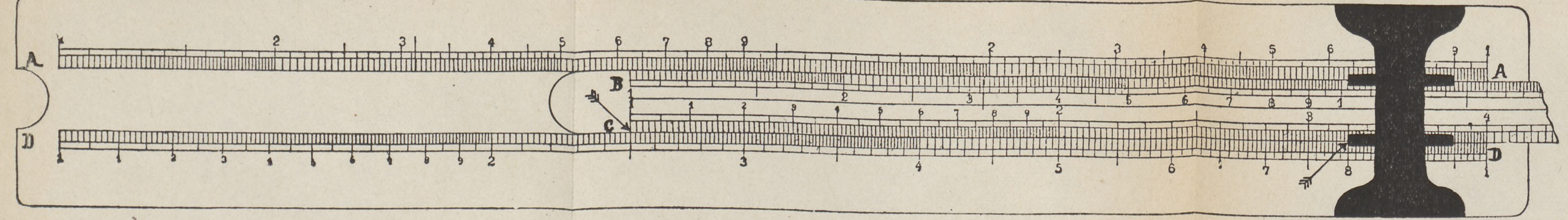
Irrationeele functies.

$$\int \sqrt{a + bx} \, dx = \int (a + bx)^{1/2} \, dx = \frac{2}{3b} (a + bx)^{2/3}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a + bx}} = (a + bx) - \frac{1}{2} dx = \frac{2}{b} (a + bx)^{1/2}$$

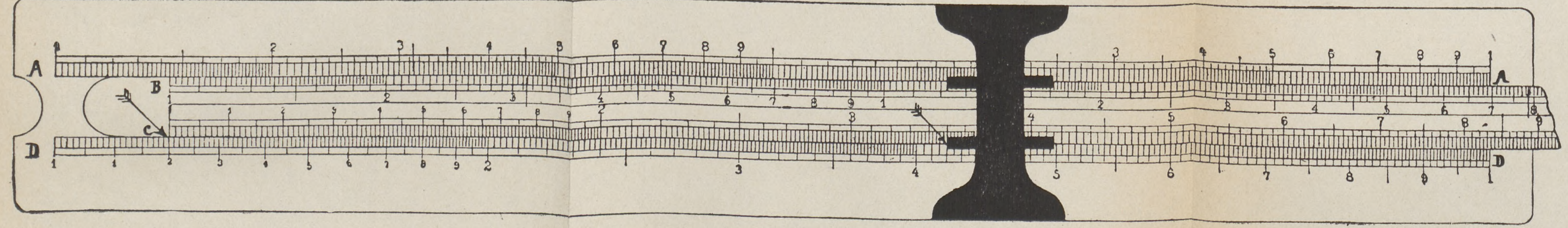
Vermenigvuldiging met de onderste schaal.

Voorbeeld: 25 × 32. De kenstreep 1 der schaal C wordt gesteld op 25 (2,5) van schaal D; onder deelstreep 32 (3,2) van schaal C leest men de uitkomst 800 (8) op schaal D af.



Deeling met de onderste schaal.

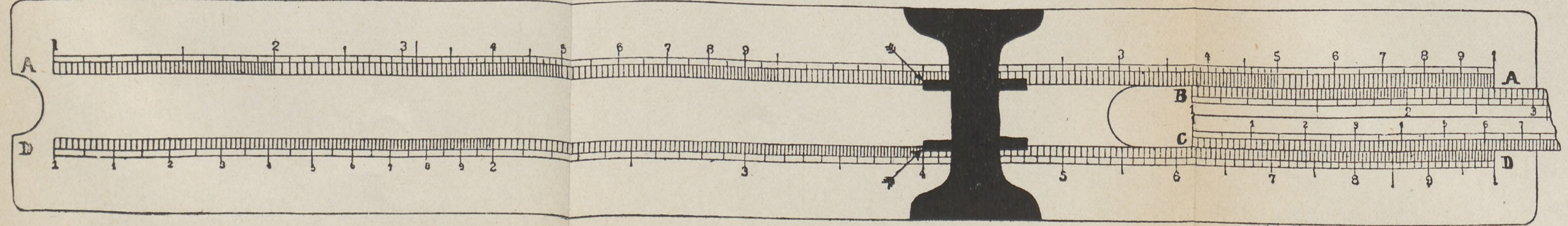
Voorbeeld: 42 : 35. De deelstreep 3,5 der schaal C wordt tegenover 42 (4,2) van schaal D gezet. Onder de kenstreep van schaal C leest men de uitkomst 1,2 op D af.



Kwadraten en vierkantswortels.
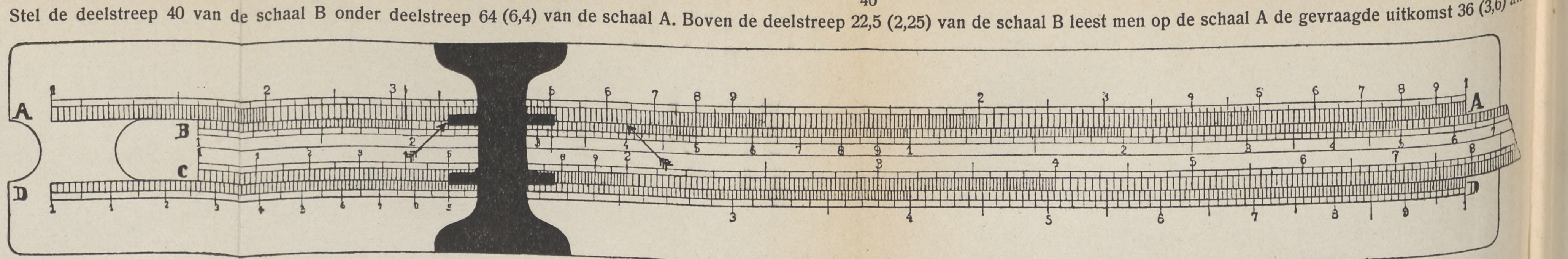
De kwadraten en tevens de vierkantswortels leest men met behulp van den looper direct op de schalen A en D af.

Voorbeeld: $\sqrt{16}$. Stel den looper op deelstreep 16 van de schaal A, dan leest men met den looper op schaal D den vierkantswortel 4 af. Omgekeerd geeft de schaal A de kwadraten van de tegenoverliggende getallen op schaal D.

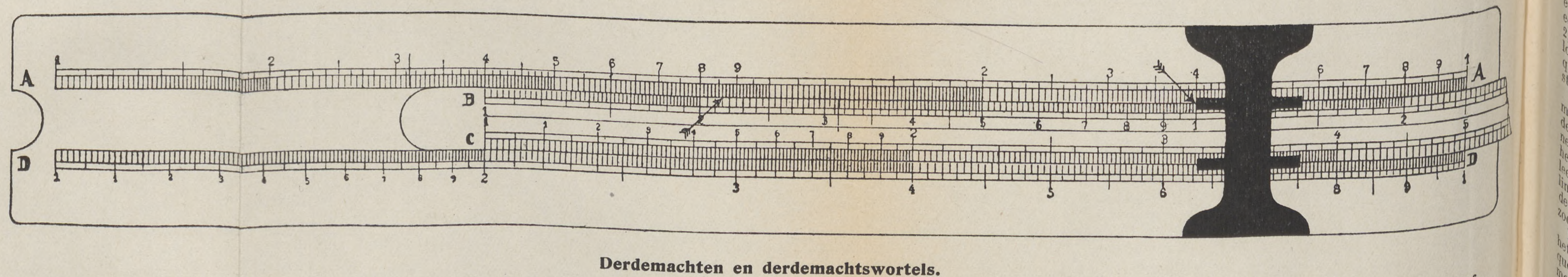


Voorbeeld: Te vinden $\frac{64 \times 22\frac{1}{2}}{40}$.

Stel de deelstreep 40 van de schaal B onder deelstreep 64 (6,4) van de schaal A. Boven de deelstreep 22,5 (2,25) van de schaal B leest men op de schaal A de gevraagde uitkomst 36 (3,6) af.



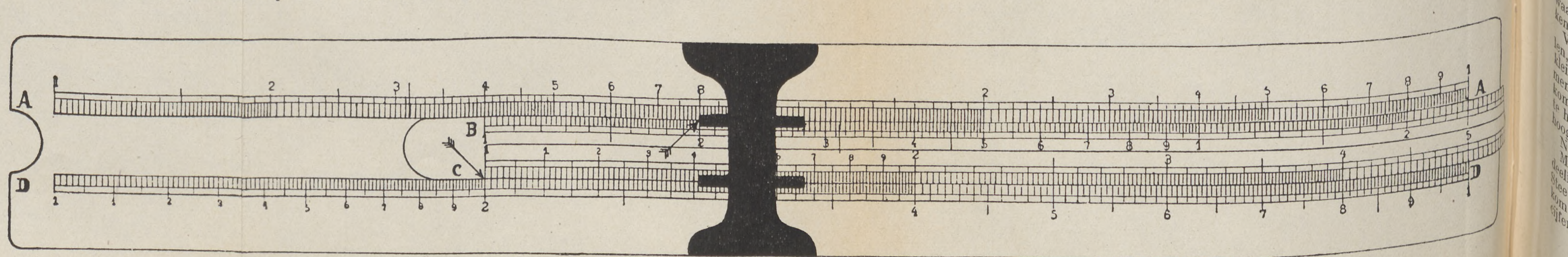
Voorbeeld: Te vinden de rentevoet, waarbij een kapitaal van 21 500 gulden in één jaar 860 gulden opbrengt: Stel de deelstreep 21 500 (2,15) van de schaal B onder deelstreep 860 (8,6) van de schaal A. Boven de middelste deelstreep 1 van de schaal B leest men op de schaal den rentevoet 4 % af.



Derdemachten en derdemachtswortels.

Voorbeeld: 2 × 2 × 2. De kenstreep 1 van de schaal C stelt men boven de deelstreep 2 van de schaal D. Boven de deelstreep 2 van de schaal B leest men de uitkomst 8 af.

Voorbeeld: $\sqrt[3]{8}$. Houdt de deelstreep 8 van de schaal A met den looper vast; de schuif verplaatst men nu zoolang, totdat onder deze deelstreep op de schaal B hetzelfde getallen verschijnt als onder de kenstreep 1 van de schaal C op de schaal D.



Het gebruik van de rekenliniaal.

Litteratuur.

Ricardo Seco de la Garza. Les nomogrammes de l'Ingénieur. Gauthier-Villars. Paris, 1912.
M. d'Ocagne. Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques. Gauthier-Villars. Paris.
idem. Traité de Nomographie 1899.
W. J. Heydeman. De Rekenliniaal. Wed. Ahrend & Zn., A'dam.
F. J. Vaes. Handleiding voor het gebruik van de rekenliniaal van Dehnert en Pape, Faber en Tavernier-Gravet. Nijgh en van Ditmar, Rotterdam.
idem. De Ingenieur, 1903, blz. 88, 107 en 333.

De rekenliniaal, welke het eerst in 1632 door Oughtred in haar eenvoudigsten vorm werd gegeven, berust op de toepassing van de logarithmische schaalverdeeling, welke het eerst door den Engelschman Gunter werd bedacht.

Bij de gebruikelijke rekenlinialen komen op de liniaal en op de schuif boven en onder schalen voor. Noemen wij die boven op de liniaal en schuif A en B en onder de liniaal en schuif C en D. Nu zijn de schalen A en B volkomen aan elkaar gelijk, evenzoo C en D. De verdeelingen, welke op A en B half zoo groot zijn als de overeenkomstige op C en D, zijn niet regelmatig, maar logarithmisch. De lengten 1 tot 2, 1 tot 3, enz. zijn namelijk evenredig met log 2, log 3, enz. Door het optellen der logarithmische verdeelingen krijgt men dus het product; door het aftrekken het quotiënt der getallen. Van de twee tegenover elkaar staande waarden op A en D stelt de bovenste het kwadraat en de onderste den vierkantswortel voor.

Valt bij het zoeken van een product of quotiënt de som of het verschil der logarithmische verdeelingen buiten de schuiflengte b.v. bij 3 × 4 en 3 : 4, dan zal men één der factoren van het product of het deeltal 3 tien maal zoo klein of zoo groot moeten nemen door de schuiflengte 10 daarvan afgetrokken of bijgevoegd te denken. Bij het product stelt men dan den index 10 der schuif bij één der factoren b.v. 3 en leest dan bij de deelstreep 4 der schuif het tiende deel van het product (1,2) op de liniaal af; bij het quotiënt der getallen stelt men den deeler 4 op de schuif bij het deeltal 3 op de liniaal en leest dan bij den index 10 van de schuif het tienmaal zoo groote quotiënt 7,5 op de liniaal af.

Hieruit volgt reeds de regel, dat bij elke instelling van de schuif naar links bij het vermenigvuldigen een tienmaal zoo klein product of een tienmaal zoo groot quotiënt wordt afgelezen, alzoo bij het product het aantal cijfers voor de komma moet worden vermeerderd met 1 en bij het deelen moet worden verminderd met 1.

Tot het cijfer 2 worden alleen getallen met drie cijfers door streepjes zuiver afgelezen en verder alleen, wanneer het laatste cijfer een 5 is. Meerdere cijfers moeten worden geschat. Als het mogelijk is, doet men goed de bewerking zoo in te richten, dat de einduitkomst bij een streepje kan worden afgelezen b.v.: bij 4,25 × 2,73, waarbij 4,25 wel en 2,73 niet door een streepje wordt aangeduid, plaatst men de kenstreep bij 2,73 en niet bij 4,25.

Vermenigvuldigen en deelen geschieden het nauwkeurigst met de onderste schalen, hoewel ook de bovenste daarvoor kunnen worden gebezigd en wegens de kleinere schaal vlugger tot het doel leiden, wanneer de schuif bij meerdere vermenigvuldigingen herhaaldelijk moet worden omgesteld bij het vallen van de uitkomst buiten de liniaal. Bij deelen behoeft minder omstelling van de schuif plaats te hebben, wanneer men slechts zorg draagt, dat van de deelers het getal met het hoogste begincijfer het eerst op de schuif wordt gesteld.

Nevenstaande figuren met voorbeelden duiden de werkingswijze nader aan.

Men heeft voor de plaatsing van het decimaalteeken bij vermenigvuldiging en deeling met de onderste schalen behalve het reeds vermelde de volgende regels: Steekt de schuif naar *links* uit, dan heeft det product evenveel cijfers vóór de komma als beide factoren te zamen en het quotiënt als het verschil van het aantal cijfers vóór de komma van deeltal en deeler.

Steekt de schuif naar *rechts* uit, dan is het aantal cijfers vóór de komma van het product 1 minder dan het verschil van dat der beide factoren en het quotiënt 1 meer dan het verschil van dat van deeltal en deeler.

Bij meerdere producten en deelers past men den regel bij elken volgenden factor opnieuw toe. B.v. 0,0045 × 62,54 × 8,21 × 0,39 heeft de volgende som der cijfers vóór de komma:

$$-2 + 2 + 1 + 0 = +1$$

Voor elke maal, dat de schuif rechts uitsteekt (in dit geval éénmaal) gaat er 1 van dit aantal af, alzoo blijft 0 of 0,901.

B.v. $\frac{0,43}{8,97 \times 65,21 \times 0,084}$ geeft bij elke deeling met de schuif links uit het verschil tusschen het aantal cijfers vóór de komma en bij schuif rechts uit één meer, alzoo $\left\{ 0 - 1 - 2 - (-1) \right\}$ + zooveel maal 1 als de schuif rechts uitsteekt (in dit geval 0 maal) alzoo blijft — 2 of 0,00875.

Behalve aan den vóórkant vindt men bij vele rekenlinialen ook aan de achterzijde verdeelingen aangegeven, waarmede derde machten, de logarithmen, sinus, cosinus, tangens en cotangens kunnen worden bepaald.

Voor berekeningen op het gebied van de electrotechniek heeft men rekenlinialen in den handel (zie ook Electr. Techn. Zeitung 1913, blz. 414), waarop nog drie logarithmische verdeelingen zijn aangegeven, waarmede machten en wortels van den vorm a^x en $\sqrt[x]{a}$ kunnen worden berekend. Hierbij kan x ook een breuk zijn.

Verder kan met een enkele schuifstelling het nuttig effect van een dynamo of electromotor worden bepaald, terwijl tevens de doorsnede van een koperleiding met twee schuifstellingen kan worden berekend.

De lengte van een normale rekenliniaal is 25 cM, men kan daarmede bij het geheele getal nog twee decimalen aflezen, zoodat de nauwkeurigheid ongeveer 0,1 % bedraagt. In vele gevallen is dit niet voldoende.

Renteberekening.

Renteberekening bij verschillenden rentevoet.

Om de rente te berekenen bij een rentevoet van 1 tot 15 % per jaar van 360 dagen, kan men gebruik maken van onderstaande tabel. Men verkrijgt hierbij het renteproduct door het kapitaal met den tijd (aantal dagen) te vermenigvuldigen en door den „deeler" van den rentevoet te deelen

%	Deeler.	%	Deeler.	%	Deeler.	%	Deeler.
1	36 000	3½	10 286	6	6 000	9	4 000
1¼	28 800	3¾	9 600	6¼	5 760	9½	3 789
1½	24 000	4	9 000	6½	5 538	10	3 600
1¾	20 571	4¼	8 471	6¾	5 333	10½	3 429
2	18 000	4½	8 000	7	5 143	11	3 273
2¼	16 000	4¾	7 579	7¼	4 966	12	3 000
2½	14 400	5	7 200	7½	4 800	13	2 769
2¾	13 092	5¼	6 857	7¾	4 645	14	2 571
3	12 000	5½	6 545	8	4 500	15	2 400
3¼	11 077	5¾	6 261	8½	4 235		

Voorbeeld: De rente over 42 dagen van een kapitaal groot f 3500 tegen 3½ % per jaar bedraagt:

$$\frac{3500 \times 42}{10\,286} = \text{f } 14{,}29.$$

Het aantal dagen, hetwelk tusschen twee tijdstippen is verloopen, vindt men met behulp van de volgende tabel:

	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
1	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30	1
2	359	329	299	269	239	209	179	149	119	89	59	29	2
3	358	328	298	268	238	208	178	148	118	88	58	28	3
4	357	327	297	267	237	207	177	147	117	87	57	27	4
5	356	326	296	266	236	206	176	146	116	86	56	26	5
6	355	325	295	265	235	205	175	145	115	85	55	25	6
7	354	324	294	264	234	204	174	144	114	84	54	24	7
8	353	323	293	263	233	203	173	143	113	83	53	23	8
9	352	322	292	262	232	202	172	142	112	82	52	22	9
10	351	321	291	261	231	201	171	141	111	81	51	21	10
11	350	320	290	260	230	200	170	140	110	80	50	20	11
12	349	319	289	259	229	199	169	139	109	79	49	19	12
13	348	318	288	258	228	198	168	138	108	78	48	18	13
14	347	317	287	257	227	197	167	137	107	77	47	17	14
15	346	316	286	256	226	196	166	136	106	76	46	16	15
16	345	315	285	255	225	195	165	135	105	75	45	15	16
17	344	314	284	254	224	194	164	134	104	74	44	14	17
18	343	313	283	253	223	193	163	133	103	73	43	13	18
19	342	312	282	252	222	192	162	132	102	72	42	12	19
20	341	311	281	251	221	191	161	131	101	71	41	11	20
21	340	310	280	250	220	190	160	130	100	70	40	10	21
22	339	309	279	249	219	189	159	129	99	69	39	9	22
23	338	308	278	248	218	188	158	128	98	68	38	8	23
24	337	307	277	247	217	187	157	127	97	67	37	7	24
25	336	306	276	246	216	186	156	126	96	66	36	6	25
26	335	305	275	245	215	185	155	125	95	65	35	5	26
27	334	304	274	244	214	184	154	124	94	64	34	4	27
28	333	303	273	243	213	193	153	123	93	63	33	3	28
29	332	302	272	242	212	182	152	122	92	62	32	2	29
30	331	—	271	241	211	181	151	121	91	61	31	1	30
31	331	—	271	—	211	—	151	121	—	61	—	0	31

Voorbeeld: Tusschen 5 April en 13 Juni zijn voor renteberekening verloopen: 266—198 = 68 dagen.

Rente- en aflossingstafels.

I. Eenvoudige uitzet op samengestelden interest.

Zet men een kapitaal k uit met den rentestandaard r (in honderdste deelen uitgedrukt), dan wordt dit na het eerste jaar groot:

$$k + kr = k\ (1 + r)$$

en na n jaren:

$$K = k\ (1 + r)^n$$

Tafel A geeft de waarde van K voor k gelijk aan 1 gulden of van

$$(1 + r)^n \times 1 \text{ gulden.}$$

Een kapitaal k, dat na n jaren bij denzelfden rentestandaard tot het bedrag K moet aangroeien, zal dus groot moeten zijn:

$$k = \frac{K}{(1+r)^n}$$

Tafel B geeft de waarde van k voor K gelijk aan 1 gulden of van

$$\frac{1}{(1 + r)^n} \times 1 \text{ gulden.}$$

II. Uitzet met jaarlijksche bijdragen.

Zet men aan het begin van elk jaar een gelijk bedrag k uit, dan zal het kapitaal na n jaren zijn aangegroeid tot:

$$K_n = k \left\{ (1 + r)^n + (1 + r)^{n-1} + \ldots.\ (1 + r)^2 + (1 + r) \right\}$$

of

$$K_n = k \frac{1+r}{r} \left\{ (1 + r)^n - 1 \right\}$$

Deelt men dit bedrag door $(1+r)^n$, dan vindt men

$$V = k \frac{1 + r}{1} \left\{ 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right\}$$

zijnde het bedrag, dat alleen op samengestelden interest uitgezet, na n jaren hetzelfde kapitaal zal vertegenwoordigen als n uitzetten van een gelijk bedrag k aan het begin van elk jaar.

Tafel C geeft de waarde in gulden aan van K voor k gelijk aan 1 gulden of van

$$\frac{1 + r}{r} \left\{ (1 + r)^n - 1 \right\} \times 1 \text{ gulden.}$$

Tafel D geeft de waarde in gulden van V voor k gelijk aan 1 gulden of van

$$\frac{1 + r}{1} \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + r)^n} \right\} \times 1 \text{ gulden.}$$

III. Annuïteiten.

Indien men aan het eind van elk opvolgend jaar een annuïteit a betaalt, dan zullen deze annuïteiten met hun samengestelden interest aan het einde van het n[de] jaar een som A_n vertegenwoordigen, welke gelijk staat met een bedrag V_a, dat aan het begin van het eerste jaar met samengestelden interest wordt uitgezet.

Het bedrag A_n is groot:

$$A_n = a \left\{ (1+r)^{n-1} + (1 + r)^{n-2} + \ldots.\ (1 + r) + 1 \right\}$$

of

$$A^n = \frac{a}{r} \left\{ (1 + r)^n - 1 \right\}$$

Deelt men dit door $(1 + r)^n$, dan vindt men voor V_a:

$$V_a = \frac{a}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + r)^n} \right\}$$

Hij, die een kapitaal V_a heeft geleend bij het begin van het eerste jaar, kan zich dus afkoopen door een annuïteit a te betalen aan het einde van het 1ste, 2e, enz. en ^{nde} jaar.

Tafel E geeft in gulden de waarde van A_n, welke door een annuïteit van 1 gulden gedurende n jaren wordt verkregen, of de waarde:

$$\frac{1}{r} \left\{ (1 + r)^n - 1 \right\} \times 1 \text{ gulden.}$$

Tafel F geeft in gulden de grootte van het bedrag V_a, dat wordt verkregen door n annuïteiten van 1 gulden of de waarde

$$\frac{1}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + r)^n} \right\} \times 1 \text{ gulden.}$$

IV. Aflossing.

De annuïteit kan bestaan uit twee deelen: het eerste deel (gelijk aan $V_a \times r$) kan worden beschouwd als de interest van het geleende kapitaal en het tweede deel (gelijk aan $V_a \times t$) kan worden bestemd voor aflossing.

Men vindt dan voor t

$$t = \frac{a}{V_a} - r = \frac{1}{(1 + r)^n - 1}.$$

Tafel G geeft de waarde van t voor verschillende waarden van r en n.

Voor de annuïteit, welke men moet betalen, om tegelijk den interest van het geleende kapitaal en de aflossing af te doen, vindt men:

$$a = t + r = \frac{r(1 + r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

welke waarde men in tafel H vindt aangegeven.

V. Aflossing van obligaties.

Groote maatschappijen leenen in het algemeen door obligaties en schrijven haar leening af, door elk jaar door loting een gedeelte der uitgegeven obligaties af te lossen. Zij beschouwen dan de jaarlijks te betalen annuïteit als te bestaan uit twee deelen, waarvan het eene dient om den interest der obligaties te betalen en het andere om de obligaties af te lossen of voor de eigenlijke afschrijving. In dit geval zijn evenwel de beide deelen veranderlijk; het eerste neemt steeds af met het aantal nog niet uitgelote obligaties en het tweede deel neemt steeds toe, omdat de som der beide deelen of de annuïteit a constant blijft.

Is $V_a \alpha_p$ de som, bestemd voor interest aan het einde van het p^{de} jaar en $V_a \beta_p$ de som, bestemd voor de afschrijving, dan zal men hebben:

$$\alpha_p + \beta_p = \frac{a}{V_a} = r + t$$

en

$$\alpha_p = \alpha_{p-1} - r\beta_{p-1}$$

Verder is $\alpha_1 = r$ en $\beta_1 = t_1$, waaruit volgt

$$\beta_p = t(1 + r)^{p-1}$$

Wil men dus weten, welke de som zal zijn, bestemd voor afschrijving aan het einde van het pde jaar van een leening groot K en welke in n jaren moet zijn afgelost, dan zoekt men in tafel G het getal behoorende bij n en in tafel A het getal behoorende bij p—1, welke getallen men met elkaar en daarna met het getal K vermenigvuldigt.

Tafel A.

Waarde van $(1 + r)^n$ gulden.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = $^1/_{100}$ ×							
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6
1	1,025 000	1,030 000	1,035 000	1,040 000	1,045 000	1,050 000	1,055 000	1,060 000
2	1,050 625	1,060 900	1,071 225	1,081 600	1,092 025	1,102 500	1,113 025	1,123 600
3	1,076 891	1,092 727	1,108 718	1,124 864	1,141 166	1,157 625	1,174 241	1,191 016
4	1,103 813	1,125 509	1,147 523	1,169 859	1,192 519	1,215 506	1,238 825	1,262 477
5	1,131 408	1,159 274	1,187 686	1,216 653	1,246 182	1,276 282	1,306 960	1,338 226
6	1,159 693	1,194 052	1,229 255	1,265 319	1,302 260	1,340 096	1,378 843	1,418 519
7	1,188 686	1,229 874	1,272 279	1,315 932	1,360 862	1,407 100	1,454 679	1,503 630
8	1,218 403	1,266 770	1,316 809	1,368 569	1,422 101	1,477 455	1,534 687	1,593 848
9	1,248 863	1,304 773	1,362 897	1,423 312	1,486 095	1,551 328	1,619 094	1,689 479
10	1,280 085	1,343 916	1,410 599	1,480 244	1,552 969	1,628 985	1,708 144	1,790 848
11	1,312 087	1,384 234	1,459 970	1,539 454	1,622 853	1,710 339	1,820 092	1,898 299
12	1,344 889	1,425 761	1,511 069	1,601 032	1,695 881	1,795 856	1,901 207	2,012 196
13	1,378 511	1,468 534	1,563 956	1,665 074	1,772 196	1,855 649	2,005 774	2,132 928
14	1,412 974	1,512 590	1,618 695	1,731 677	1,851 945	1,979 932	2,116 091	2,260 904
15	1,448 298	1,557 967	1,675 349	1,800 944	1,935 282	2,078 928	2,232 476	2,396 558
16	1,484 506	1,604 706	1,733 986	1,872 981	2,022 370	2,182 875	2,355 263	2,540 352
17	1,521 619	1,652 848	1,794 676	1,947 900	2,113 377	2,292 018	2,484 802	2,692 773
18	1,559 659	1,702 433	1,857 489	2,025 816	2,208 479	2,406 619	2,621 466	2,854 339
19	1,598 650	1,753 506	1,922 501	2,106 849	2,307 860	2,526 950	2,765 647	3,025 600
20	1,638 616	1,806 111	1,989 789	2,191 123	2,411 714	2,653 298	2,917 757	3,207 136
21	1,679 582	1,860 295	2,059 432	2,278 768	2,520 241	2,785 963	3,078 234	3,399 564
22	1,721 572	1,916 104	2,131 512	2,369 919	2,633 652	2,925 261	3,247 537	3,603 537
23	1,764 611	1,973 587	2,206 114	2,464 716	2,752 166	3,071 524	3,426 152	3,819 750
24	1,808 726	2,032 794	2,283 328	2,563 304	2,876 013	3,225 100	3,614 590	4,048 935
25	1,853 944	2,093 778	2,363 245	2,665 836	3,005 434	3,386 355	3,813 392	4,291 871
26	1,900 293	2,156 591	2,445 959	2,772 470	3,140 679	3,555 673	4,023 129	4,549 383
27	1,947 801	2,221 289	2,531 567	2,883 369	3,282 010	3,733 456	4,244 401	4,822 346
28	1,996 496	2,287 928	2,620 172	2,998 703	3,429 700	3,920 129	4,477 843	5,111 687
29	2,046 408	2,356 566	2,711 878	3,118 651	3,584 036	4,116 136	4,724 124	5,418 388
30	2,097 568	2,427 262	2,806 794	3,243 398	3,745 318	4,321 942	4,983 951	5,743 491
31	2,150 007	2,500 080	2,905 031	3,373 134	3,913 857	4,538 039	5,258 069	6,088 101
32	2,203 757	2,575 083	3,006 707	3,508 059	4,089 981	4,764 941	5,547 262	6,453 387
33	2,258 851	2,652 335	3,111 942	3,648 381	4,274 030	5,003 189	5,852 362	6,840 590
34	2,315 322	2,731 905	3,220 860	3,794 316	4,466 362	5,253 348	6,174 242	7,251 025
35	2,373 205	2,813 862	3,333 590	3,946 089	4,667 348	5,516 015		
36	2,432 535	2,898 278	3,450 266	4,103 933	4,877 378	5,791 816		
37	2,493 349	2,985 227	3,571 025	4,268 090	5,096 860	6,081 407		
38	2,555 682	3,074 783	3,696 011	4,438 813	5,326 219	6,385 477		
39	2,619 574	3,167 027	3,825 372	4,616 366	5,565 899	6,704 751		
40	2,685 064	3,262 038	3,959 260	4,801 021	5,816 365	7,039 989		

Tafel B.

Waarde van $\frac{1}{(1 + r)^n}$ gulden.

Aangevende de contante waarde van f 1.— te betalen na n jaren.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = $^1/_{100}$ ×							
	2	2½	3	3½	4	4½	5	6
1	0,980 392	0,975 610	0,970 873	0,966 184	0,961 538	0,956 938	0,952 381	0,943 396
2	0,961 169	0,951 814	0,942 596	0,933 511	0,924 556	0,915 730	0,907 030	0,899 996
3	0,942 322	0,928 599	0,915 142	0,901 943	0,888 996	0,876 297	0,863 838	0,859 619
4	0,923 845	0,905 951	0,888 487	0,871 442	0,854 804	0,838 561	0,822 702	0,792 094
5	0,905 731	0,883 854	0,862 609	0,841 973	0,821 927	0,802 451	0,783 526	0,747 258
6	0,887 971	0,862 297	0,837 484	0,813 501	0,790 314	0,767 896	0,746 215	0,704 960
7	0,870 560	0,841 265	0,813 091	0,785 991	0,759 918	0,734 829	0,710 681	0,665 057
8	0,853 490	0,820 747	0,789 409	0,759 412	0,730 690	0,703 185	0,676 839	0,627 412
9	0,836 755	0,800 728	0,766 417	0,733 731	0,702 587	0,672 904	0,644 609	0,591 898
10	0,820 348	0,781 198	0,744 094	0,708 919	0,675 564	0,643 928	0,613 913	0,558 395
11	0,804 263	0,762 145	0,722 421	0,684 946	0,649 581	0,616 199	0,584 679	0,526 788
12	0,788 493	0,743 556	0,701 380	0,661 783	0,624 597	0,589 644	0,556 837	0,496 969
13	0,773 032	0,725 420	0,680 951	0,639 404	0,600 574	0,564 272	0,530 321	0,468 839
14	0,757 857	0,707 727	0,661 118	0,617 782	0,577 475	0,539 973	0,055 068	0,442 301
15	0,743 015	0,690 466	0,641 862	0,596 891	0,555 264	0,516 720	0,481 017	0,417 265
16	0,728 446	0,673 625	0,623 167	0,576 706	0,533 908	0,494 469	0,458 111	0,393 646
17	0,714 163	0,657 195	0,605 016	0,557 204	0,513 373	0,473 176	0,436 297	0,371 364
18	0,700 159	0,641 166	0,587 395	0,538 361	0,493 628	0,452 800	0,415 521	0,350 344
19	0,686 431	0,625 528	0,570 286	0,520 156	0,474 642	0,433 302	0,395 734	0,330 513
20	0,672 971	0,610 271	0,553 676	0,502 566	0,456 387	0,414 643	0,376 889	0,311 805
21	0,659 776	0,595 386	0,537 549	0,485 571	0,438 834	0,396 787	0,358 942	0,294 155
22	0,646 839	0,580 865	0,521 892	0,469 151	0,421 955	0,376 701	0,341 850	0,277 505
23	0,634 156	0,566 697	0,506 692	0,453 286	0,405 726	0,363 350	0,325 571	0,261 797
24	0,621 721	0,552 875	0,491 934	0,437 957	0,390 121	0,347 703	0,310 068	0,246 978
25	0,609 531	0,539 391	0,477 606	0,423 147	0,375 117	0,332 731	0,295 303	0,232 999
26	0,597 579	0,526 235	0,463 695	0,408 838	0,360 689	0,318 402	0,281 241	0,219 810
27	0,585 862	0,513 400	0,450 189	0,395 012	0,346 817	0,304 691	0,267 848	0,207 368
28	0,574 875	0,500 878	0,437 077	0,381 654	0,333 477	0,291 571	0,255 094	0,195 630
29	0,563 112	0,488 661	0,424 346	0,368 748	0,320 651	0,279 015	0,242 946	0,184 557
30	0,552 071	0,476 743	0,411 987	0,356 278	0,308 319	0,267 000	0,231 377	0,174 110
31	0,541 246	0,465 115	0,399 987	0,344 230	0,296 460	0,255 502	0,220 360	0,164 255
32	0,530 633	0,453 771	0,388 337	0,332 590	0,285 058	0,244 500	0,209 866	0,154 957
33	0,520 229	0,442 703	0,377 026	0,321 343	0,274 094	0,233 971	0,199 872	0,146 186
34	0,510 028	0,431 905	0,366 045	0,310 476	0,263 552	0,223 896	0,190 355	0,137 911
35	0,500 028	0,421 371	0,355 383	0,299 977	0,253 416	0,214 254	0,181 290	
36	0,490 223	0,411 094	0,345 032	0,289 833	0,243 669	0,205 028	0,172 657	
37	0,480 611	0,401 067	0,334 983	0,280 032	0,234 297	0,196 199	0,164 436	
38	0,471 187	0,391 285	0,325 226	0,270 562	0,225 285	0,187 750	0,156 605	
39	0,461 948	0,381 741	0,315 754	0,261 413	0,216 621	0,179 666	0,149 148	
40	0,452 890	0,372 341	0,306 557	0,252 573	0,208 289	0,171 929	0,142 046	

Tafel C.

Waarde van $\frac{1+r}{r}\left\{(1+r)^n - 1\right\}$ gulden.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = 1/100 ×			
	3½	4	4½	5
1	1,035 000	1,040 000	1,045 000	1,050 000
2	2,106 225	2,121 600	2,137 025	2,152 500
3	3,214 943	3,246 464	3,278 191	3,310 125
4	4,362 466	4,416 323	4,470 710	4,525 631
5	5,550 152	5,632 975	5,716 892	5,801 913
6	6,779 408	6,898 294	7,019 152	7,142 008
7	8,051 687	8,214 226	8,380 014	8,549 109
8	9,368 496	9,582 795	9,802 114	10,026 564
9	10,731 393	11,006 107	11,288 209	11,577 893
10	12,141 992	12,486 351	12,841 179	13,206 787
11	13,601 961	14,025 805	14,464 032	14,917 127
12	15,113 030	15,626 838	16,159 913	16,712 983
13	16,676 986	17,291 911	17,932 109	18,598 632
14	18,295 681	19,023 588	19,784 054	20,578 564
15	19,971 030	20,824 531	21,719 337	22,657 492
16	21,705 016	22,697 512	23,741 707	24,840 366
17	23,499 691	24,645 413	25,855 084	27,132 385
18	25,357 180	26,671 229	28,063 562	29,539 004
19	27,279 682	28,778 079	30,371 423	32,065 954
20	29,269 471	30,969 202	32,783 137	34,719 252
21	31,328 902	33,247 698	35,303 378	37,505 214
22	33,460 414	35,617 889	37,937 030	40,430 475
23	35,666 528	38,082 604	40,689 196	43,501 999
24	37,949 857	40,645 908	43,565 210	46,727 099
25	40,313 102	43,311 745	46,570 645	50,113 454
26	42,759 060	46,084 214	49,711 324	53,669 126
27	45,290 627	48,967 583	52,993 333	57,402 583
28	47,910 799	51,966 286	56,423 033	61,322 712
29	50,622 677	55,084 938	60,007 070	65,438 847
30	53,429 471	58,328 335	63,752 388	69,760 790
31	56,334 502	61,701 469	67,666 245	74,298 829
32	59,341 210	65,209 527	71,756 226	79,063 771
33	62,453 152	68,857 909	76,030 256	84,066 959

Tafel D.

Waarde van $\frac{1 + r}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + r)^n} \right\}$ gulden.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = 1/100 × 3½	4	4½	5
1	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000
2	1,966 184	1,961 538	1,956 938	1,952 381
3	2,899 694	2,886 095	2,872 668	2,859 410
4	3,801 637	3,775 091	3,748 964	3,723 248
5	4,673 079	4,629 895	4,587 526	4,545 950
6	5,515 052	5,451 822	5,389 975	5,329 477
7	6,328 553	6,242 137	6,157 872	6,075 692
8	7,114 544	7,002 055	6,892 701	6,786 373
9	7,873 955	7,732 745	7,595 886	7,463 213
10	8,607 686	8,435 332	8,268 792	8,107 822
11	9,316 605	9,110 896	8,912 718	8,721 735
12	10,001 551	9,760 477	9,528 917	9,306 414
13	10,663 334	10,385 074	10,118 581	9,863 252
14	11,302 738	10,985 648	10,682 852	10,393 573
15	11,920 520	11,563 123	11,222 825	10,898 641
16	12,517 411	12,118 387	11,739 546	11,379 658
17	13,094 117	12,652 296	12,234 015	11,837 770
18	13,651 321	13,165 669	12,707 191	12,274 066
19	14,189 682	13,659 297	13,159 992	12,689 587
20	14,709 837	14,133 939	13,593 269	13,085 321
21	15,212 403	14,590 326	14,007 936	13,462 210
22	15,697 974	15,029 160	14,404 724	13,821 153
23	16,167 125	15,451 115	14,784 425	14,163 003
24	16,620 310	15,856 842	15,147 775	14,488 574
25	17,058 368	16,246 963	15,495 478	14,798 642
26	17,481 515	16,622 080	15,828 209	15,093 945
27	17,890 352	16,982 769	16,146 611	15,375 185
28	18,285 354	17,329 586	16,451 303	15,643 034
29	18,667 019	17,662 263	16,742 874	15,898 127
30	19,035 767	17,983 715	17,021 889	16,141 074
31	19,392 045	18,292 033	17,288 889	16,372 051
32	19,736 276	18,588 494	17,544 391	16,592 810
33	20,078 865	18,873 551	17,788 891	16,802 677

Tafel E.

Waarde van $\frac{1}{r} \left\{ (1 + r)^n - 1 \right\}$ gulden.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = $^1/_{100}$ ×							
	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5
1	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000
2	2,015 000	2,020 000	2,025 000	2,030 000	2,035 000	2,040 000	2,045 000	2,050 000
3	3,045 225	3,060 400	3,075 625	3,890 900	3,106 225	3,120 600	3,137 025	3,152 500
4	4,090 903	4,121 608	4,152 516	4,183 627	4,214 943	4,246 464	4,278 191	4,310 125
5	5,152 267	5,204 040	5,256 329	5,309 136	5,362 466	5,416 323	5,470 710	5,525 631
6	6,229 551	6,308 121	6,387 737	6,468 410	6,550 152	6,632 975	6,716 892	6,801 913
7	7,322 994	7,434 283	7,547 430	7,662 462	7,779 408	7,898 294	8,019 152	8,142 008
8	8,432 839	8,582 969	8,736 116	8,892 336	9,051 687	9,214 226	9,380 014	9,549 109
9	9,559 332	9,754 628	9,954 519	10,159 106	10,368 496	10,582 795	10,802 114	11,026 564
10	10,702 722	10,949 721	11,203 382	11,463 879	11,731 393	12,006 107	12,288 209	12,577 893
11	11,863 262	12,168 715	12,483 466	12,807 796	13,141 992	13,486 351	13,841 179	14,206 787
12	13,041 211	13,412 090	13,795 553	14,192 030	14,601 962	15,025 805	15,464 032	15,917 127
13	14,236 830	14,680 332	15,140 442	15,617 790	16,113 030	16,626 838	17,159 913	17,712 983
14	15,450 382	15,973 938	16,518 953	17,068 324	17,676 986	18,291 911	18,932 109	19,598 632
15	16,682 138	17,293 417	17,931 927	18,598 914	19,295 681	20,023 588	20,784 054	21,578 564
16	17,932 370	18,639 285	19,380 225	20,156 881	20,971 030	21,824 531	22,719 337	23,657 492
17	19,201 355	20,012 071	20,864 730	21,761 588	22,705 016	23,697 512	24,741 707	25,840 366
18	20,489 376	21,412 312	22,386 349	23,414 435	24,499 691	25,645 413	26,855 084	28,132 385
19	21,796 716	22,840 559	23,946 007	25,116 868	26,357 180	27,671 229	29,063 562	30,539 004
20	23,123 667	24,297 370	25,544 658	26,870 374	28,279 682	29,778 079	31,371 423	33,065 954
21	24,470 522	25,783 317	27,183 274	28,676 486	30,269 471	31,969 202	33,783 137	35,719 252
22	25,837 580	27,298 984	28,862 856	30,536 780	32,328 902	34,247 970	36,303 378	38,505 214
23	27,225 144	28,844 963	30,584 427	32,452 884	34,460 414	36,617 889	38,937 030	41,430 475
24	28,633 521	30,421 862	32,349 038	34,426 470	36,666 528	39,082 604	41,689 196	44,501 999
25	30,063 024	32,030 300	34,157 764	36,459 264	38,949 857	41,645 908	44,505 210	47,727 099
26	31,513 069	33,670 906	36,011 708	38,553 042	41,313 102	44,311 745	47,570 645	51,113 454
27	32,986 679	35,344 324	37,912 001	40,709 634	43,759 060	47,084 214	50,711 324	54,669 126
28	34,481 479	37,051 210	39,859 801	42,930 923	46,290 627	49,967 583	53,993 333	58,402 583
29	35,998 701	38,792 235	41,856 296	45,218 850	48,910 799	52,966 286	57,423 033	62,322 712
20	37,538 681	40,568 079	43,902 703	47,575 416	51,622 677	56,084 938	61,007 070	66,438 848
31	39,101 762	42,379 441	46,000 271	50,002 678	54,429 471	59,328 335	64,782 388	70,760 790
32	40,688 288	44,227 030	48,150 278	52,502 759	57,334 502	62,701 469	68,666 245	75,298 829
33	42,298 612	46,111 570	50,354 034	55,077 841	60,341 210	66,209 527	72,756 226	80,063 771

Tafel F.

Waarde van $\frac{1}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{(1 + r)^n} \right\}$ gulden.

aangevende de constante waarde van een jaarlijksche annuïteit van f 1.— na n jaren.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = $^1/_{100}$ ×						
	2	2½	3	3½	4	4½	5
1	0,980 392	0,975 610	0,970 874	0,966 184	0,961 538	0,956 938	0,952 381
2	1,941 561	1,927 424	1,913 470	1,899 694	1,886 095	1,872 668	1,859 410
3	2,883 883	2,856 024	2,828 611	2,801 637	2,775 091	2,748 964	2,723 248
4	3,807 729	3,761 974	3,717 098	3,673 079	3,629 895	3,587 526	3,545 950
5	4,713 460	4,645 829	4,579 707	4,515 052	4,451 822	4,389 977	4,329 477
6	5,601 431	5,508 125	5,417 191	5,328 553	5,242 137	5,157 873	5,075 692
7	6,471 991	6,349 391	6,230 283	6,114 544	6,002 055	5,892 701	5,786 373
8	7,325 481	7,170 137	7,019 692	6,873 955	6,732 745	6,595 886	6,463 213
9	8,162 237	7,970 866	7,786 109	7,607 686	7,345 332	7,268 790	7,107 822
10	8,982 585	8,752 064	8,530 203	8,316 605	8,110 396	7,912 718	7,721 735
11	9,786 848	9,514 209	9,252 624	9,001 551	8,760 477	8,528 917	8,306 414
12	10,575 341	10,257 765	9,954 004	9,663 334	9,385 074	9,118 581	8,863 252
13	11,348 374	10,983 185	10,634 955	10,302 738	9,985 648	9,682 852	9,393 573
14	12,106 249	11,690 912	11,296 073	10,920 520	10,563 123	10,222 825	9,898 641
15	12,849 264	12,381 378	11,937 935	11,517 411	11,118 387	10,739 546	10,379 658
16	13,577 709	13,055 003	12,561 102	12,094 117	11,652 296	11,234 015	10,837 770
17	14,291 872	13,712 198	13,166 119	12,651 321	12,165 669	11,707 191	11,274 066
18	14,992 031	14,353 364	13,753 513	13,189 682	12,659 297	12,179 992	11,689 587
19	15,678 462	14,978 891	14,323 799	13,709 837	13,133 939	12,593 294	12,085 321
20	16,351 433	15,589 182	14,877 475	14,212 403	13,590 326	13,007 936	12,462 210
21	17,011 209	16,184 549	15,415 024	14,697 974	14,029 160	13,404 724	12,821 153
22	17,658 048	16,765 413	15,936 917	15,167 125	14,451 115	13,784 425	13,163 003
23	18,292 204	17,332 111	16,443 608	15,620 410	14,856 842	14,147 775	13,488 574
24	18,913 926	17,884 986	16,935 542	16,058 368	15,246 963	14,495 478	13,798 642
25	19,523 457	18,424 376	17,413 148	16,481 515	15,622 080	14,828 209	14,093 945
26	20,121 036	18,950 611	17,876 842	16,890 352	15,982 769	15,146 611	14,375 185
27	20,706 898	19,464 011	18,327 031	17,285 364	16,329 586	15,451 303	14,643 034
28	21,281 272	19,964 889	18,764 108	17,667 019	16,663 063	15,742 873	14,898 127
29	21,844 385	20,453 550	19,188 455	18,035 767	16,983 715	16,021 888	15,141 074
30	22,396 456	20,930 293	19,600 441	18,392 045	17,292 033	16,288 888	15,372 451
31	22,937 702	21,395 407	20,000 428	18,736 276	17,588 494	16,544 391	15,592 810
32	23,468 335	21,849 178	20,388 766	19,068 865	17,873 551	16,788 891	15,802 677
33	23,988 564	22,291 881	20,765 792	19,390 208	18,147 646	17,022 862	16,002 549
34	24,498 592	22,723 786	21,131 837	19,700 684	18,411 198	17,246 758	16,192 904
35	24,998 619	23,145 157	21,487 220	20,000 661	18,664 613	17,461 012	16,374 194
36	25,488 843	23,556 251	21,832 253	20,290 494	18,908 282	17,666 041	16,546 852
37	25,969 453	23,957 318	22,167 235	20,570 525	19,142 579	17,862 240	16,711 287
38	26,440 641	24,348 603	22,492 642	20,841 087	19,367 864	18,049 990	16,867 893
39	26,902 589	24,730 344	22,808 215	21,102 560	19,584 485	18,229 656	17,017 041
40	27,355 479	25,102 775	23,114 772	21,355 072	19,792 774	18,401 584	17,169 086

Tafel G.

Waarde van $\frac{r}{(1 + r)^n - 1}$ gulden,

Aantal jaren n	Rentestandaard $r = {}^1/_{100} \times$ 3	3½	4	4½	5	5½	6
1	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000	1,000 000
2	0,492 611	0,491 400	0,490 196	0,488 998	0,487 805	0,486 618	0,485 437
3	0,323 530	0,321 934	0,320 349	0,318 774	0,317 209	0,315 655	0,314 110
4	0,239 027	0,237 251	0,235 489	0,233 743	0,232 012	0,230 294	0,228 591
5	0,188 355	0,186 481	0,184 627	0,182 792	0,180 975	0,179 176	0,177 397
6	0,154 598	0,152 668	0,150 762	0,148 878	0,147 017	0,145 179	0,143 363
7	0,130 506	0,128 544	0,126 610	0,124 701	0,122 820	0,120 964	0,119 135
8	0,112 456	0,110 477	0,108 528	0,106 609	0,104 722	0,102 864	0,101 036
9	0,098 434	0,096 446	0,094 493	0,092 575	0,090 690	0,088 840	0,087 022
10	0,087 231	0,085 241	0,083 291	0,081 379	0,079 504	0,077 668	0,075 868
11	0,078 077	0,076 092	0,074 149	0,072 248	0,070 389	0,068 571	0,066 793
12	0,070 462	0,068 484	0,066 552	0,064 666	0,062 825	0,061 029	0,059 277
13	0,064 030	0,062 062	0,060 144	0,058 275	0,056 456	0,054 684	0,052 960
14	0,058 526	0,056 571	0,054 669	0,052 820	0,051 024	0,049 279	0,047 585
15	0,053 767	0,051 825	0,049 942	0,048 114	0,046 342	0,044 626	0,042 963
16	0,049 611	0,047 685	0,045 820	0,044 015	0,042 270	0,040 584	0,038 952
17	0,045 953	0,044 043	0,042 199	0,040 418	0,038 699	0,037 042	0,035 445
18	0,042 709	0,040 817	0,038 993	0,037 237	0,035 546	0,033 920	0,032 357
19	0,039 814	0,037 940	0,036 139	0,034 407	0,032 745	0,031 150	0,029 621
20	0,037 216	0,035 361	0,033 582	0,031 876	0,030 243	0,028 679	0,027 185
21	0,034 872	0,033 037	0,031 280	0,029 601	0,027 996	0,026 465	0,025 005
22	0,032 747	0,030 932	0,029 199	0,027 546	0,025 971	0,024 471	0,023 046
23	0,030 814	0,029 019	0,027 309	0,025 682	0,024 137	0,022 670	0,021 278
24	0,029 047	0,027 273	0,025 587	0,023 987	0,022 471	0,021 036	0,019 679
25	0,027 428	0,025 674	0,024 012	0,022 439	0,020 952	0,019 549	0,018 227
26	0,025 938	0,024 205	0,022 567	0,021 021	0,019 564	0,018 193	0,016 904
27	0,024 564	0,022 852	0,021 239	0,019 719	0,018 292	0,016 952	0,015 697
28	0,023 293	0,021 603	0,019 013	0,018 521	0,017 123	0,015 814	0,014 593
29	0.022 115	0.020 445	0.018 880	0,017 415	0,016 046	0,014 769	0,013 580
30	0,021 019	0,019 371	0,017 830	0,016 392	0,015 051	0,013 805	0,012 649
31	0,019 999	0,018 372	0,016 855	0,015 442	0,014 132	0,012 917	0,011 792
32	0,019 047	0,017 442	0,015 949	0,014 563	0,013 280	0,012 095	0,011 002
33	0,018 156	0,016 572	0,015 103	0,013 745	0,012 490	0,011 335	0,010 273
34	0,017 322	0,015 760	0,014 315	0,012 982	0,011 755	0,010 630	0,009 598
35	0,016 539	0,014 998	0,013 577	0,012 270	0,011 072	0,009 975	0,008 974
36	0,015 804	0,014 284	0,012 887	0,011 606	0,010 434	0,009 366	0,008 395
37	0,015 112	0,013 613	0,012 240	0,010 984	0,009 840	0,008 800	0,007 857
38	0,014 459	0,012 982	0,011 632	0,010 402	0,009 284	0,008 272	0,007 358
39	0,013 844	0,012 388	0,011 061	0,009 856	0,008 765	0,007 780	0,006 894
40	0,013 262	0,011 827	0,010 523	0,009 343	0,008 278	0,007 320	0,006 462

Tafel H.

Waarde van $\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n-1}$ gulden.

Aantal jaren n	Rentestandaard r = 1/100 × 2	2½	3	3½	4	4½	5
1	1,020 000	1,025 000	1,030 000	1,035 000	1,040 000	1,045 000	1,050 000
2	0,515 050	0,518 827	0,522 611	0,526 402	0,530 196	0,533 998	0,537 805
3	0,346 755	0,350 137	0,353 530	0,356 934	0,360 349	0,363 773	0,367 209
4	0,262 624	0,265 818	0,269 027	0,272 251	0,275 490	0,278 744	0,282 012
5	0,212 158	0,215 247	0,218 355	0,221 481	0,224 627	0,227 792	0,230 975
6	0,178 526	0,181 550	0,184 598	0,187 668	0,190 762	0,193 878	0,197 017
7	0,154 512	0,157 495	0,160 506	0,163 544	0,166 610	0,169 701	0,172 820
8	0,136 510	0,139 467	0,142 456	0,145 477	0,148 528	0,151 610	0,154 722
9	0,122 515	0,125 457	0,128 434	0,131 446	0,134 493	0,137 574	0,140 690
10	0,111 327	0,114 259	0,117 231	0,120 241	0,123 291	0,126 379	0,129 505
11	0,102 178	0,105 106	0,108 077	0,111 092	0,114 149	0,117 248	0,120 389
12	0,094 560	0,097 487	0,100 462	0,103 484	0,106 552	0,109 666	0,112 825
13	0,088 118	0,091 048	0,094 030	0,097 062	0,100 144	0,103 275	0,106 456
14	0,082 602	0,085 537	0,088 526	0,091 571	0,094 669	0,097 820	0,101 024
15	0,077 825	0,080 766	0,083 767	0,086 825	0,089 941	0,093 114	0,096 342
16	0,073 650	0,076 599	0,079 611	0,082 685	0,085 820	0,089 015	0,092 270
17	0,069 970	0,072 928	0,075 953	0,079 043	0,082 199	0,085 418	0,088 699
18	0,066 702	0,069 670	0,072 709	0,075 817	0,078 993	0,082 237	0,085 546
19	0,063 782	0,066 761	0,069 814	0,072 940	0,076 139	0,079 407	0,082 745
20	0,061 157	0,064 147	0,067 216	0,070 361	0,073 582	0,076 876	0,080 243
21	0,058 785	0,061 787	0,064 872	0,068 037	0,071 280	0,074 601	0,077 996
22	0,056 631	0,059 647	0,062 747	0,065 932	0,069 199	0,072 546	0,075 971
23	0,054 668	0,057 696	0,060 814	0,064 019	0,067 309	0,070 682	0,074 137
24	0,052 871	0,055 913	0,059 047	0,062 273	0,065 587	0,068 987	0,072 471
25	0,051 220	0,054 276	0,057 428	0,060 674	0,064 102	0,067 439	0,070 952
26	0,049 699	0,052 769	0,055 938	0,059 205	0,062 567	0,066 021	0,069 564
27	0,048 293	0,051 377	0,054 564	0,057 852	0,061 239	0,064 719	0,068 292
28	0,046 990	0,050 088	0,053 293	0,056 603	0,060 013	0,063 521	0,067 123
29	0,045 778	0,048 891	0,052 115	0,055 445	0,058 880	0,062 415	0,066 046
30	0,044 650	0,047 778	0,051 019	0,054 371	0,057 830	0,061 392	0,065 051
31	0,043 596	0,046 739	0,049 999	0,053 372	0,056 855	0,060 443	0,064 132
32	0,042 611	0,045 768	0,049 047	0,052 442	0,055 949	0,059 563	0,063 280
33	0,041 687	0,044 859	0,048 156	0,051 572	0,055 104	0,058 745	0,062 490
34	0,040 819	0,044 007	0,047 322	0,050 760	0,054 315	0,057 982	0,061 755
35	0,040 002	0,043 206	0,046 539	0,049 998	0,053 577	0,057 270	0,061 072
36	0,039 233	0,042 452	0,045 804	0,049 284	0,052 887	0,056 606	0,060 434
37	0,038 507	0,041 741	0,045 112	0,048 613	0,052 240	0,055 984	0,059 840
38	0,037 821	0,041 070	0,044 459	0,047 982	0,051 632	0,055 402	0,059 284
39	0,037 171	0,040 436	0,043 844	0,047 388	0,051 061	0,054 856	0,058 765
40	0,036 556	0,039 836	0,043 262	0,046 827	0,050 523	0,054 343	0,058 278

Grootheden bij vlakken en lichamen.

Formules.

L = booglengte,
O = omtrek,
F = oppervlak,
I = inhoud van een lichaam.

a, b of c = zijden,
H of h = hoogte,
R en r = stralen van den omgeschreven en van den ingeschreven cirkel of bol.

Vlakken.

Driehoek.

$F = \frac{1}{2}$ bh, waarin b = basis van den driehoek.
h = hoogte „ „ „

$$\text{of ook} = \frac{b\,c}{2} \sin \alpha = \frac{a\,c}{2} \sin \beta = \frac{a\,b}{2} \sin \gamma.$$

$$= \sqrt{s\,(s - a)\,(s - b)\,(s - c)}$$

$$s = \tfrac{1}{2}\,(a + b + c).$$

α, β en γ de tegenover de zijden a, b en c liggende hoeken.

Vierhoek.

$F = a^2$, als a = zijde van het vierkant.
F = a b, als a en b zijden van het rechthoekig parallelogram.
$F = a \times h$, als a zijde en h hoogte van een scheefhoekig parallelogram.
$F = \frac{(a + b)\,h}{2}$ als a en b de evenwijdige zijden en h = hoogte van het trapezium.
$F = \frac{h_1 + h_2}{2}\,D$ als D = diagonaal en h_1 en h_2 de hoogten van de trapezoïde (vierhoek).
In het algemeen: $F = \frac{1}{2}\,d_1\,d_2 \times \sin \alpha$ als d_1 en d_2 de diagonalen en α haar hoek.

Veelhoek.

$$F = \pm \tfrac{1}{2} \left\{ (x_2\,y_1 - x_1\,y_2) + (x_3\,y_2 - x_2\,y_3) + (x_4\,y_3 - x_3\,y_4) + \ldots (x_n\,y_{n-1} - x_{n-1}\,y_n) + (x_1\,y_n - x_n\,y_1) \right\}$$

waarin $x_1 y_1$, $x_2 y_2$.. $x_n\,y_n$ de coördinaten van den *n*-hoek ten opzichte van een willekeurig rechthoekig assenkruis.

Zie verder „Het berekenen van het oppervlak van veelhoekige figuren, dwarsprofielen, enz.” blz. 251.

Regelmatige veelhoek.

$$O = na = 2nR \sin \phi = 2nr \operatorname{tg} \phi.$$

$$F = \tfrac{1}{4}na^2 \cot \phi = \tfrac{1}{2}nR^2 \sin 2\phi = nr^2 \operatorname{tg} \phi$$

waarin

R = straal van den omgeschreven cirkel.
r = „ „ „ ingeschreven „
$a = 2\,R \sin \phi = 2\,\sqrt{R^2 - r^2}$ de zijde.
n = is het aantal zijden.
$\phi = \frac{180°}{n}$.

n	F uitgedrukt in			R uitgedrukt in		a uitgedrukt in		r uitgedrukt in	
	* a^2	* R^2	* r^2	* a	* r	* R	* r	* R	* a
3	0,433 0*	1,299 0*	5,196 2*	0,577 4*	2,000 0*	1,732 1*	3,464 1*	0,500 0*	0,288 7*
4	1,000 0	2,000 0	4,000 0	0,707 1	1,414 2	1,414 2	2,000 0	0,707 1	0,500 0
5	1,720 5	2,377 6	3,632 7	0,850 7	1,236 1	1,175 6	1,453 1	0,809 0	0,688 2
6	2,598 1	2,598 1	3,464 1	1,000 0	1,154 7	1,000 0	1,154 7	0,866 0	0,866 0
7	3,633 9	2,736 4	3,371 0	1,152 4	1,109 9	0,867 8	0,963 1	0,901 0	1,038 3
8	4,828 4	2,828 4	3,313 7	1,306 6	1,082 4	0,765 4	0,828 4	0,923 9	1,207 1
9	6,181 8	2,892 5	3,275 7	1,461 9	1,064 2	0,684 0	0,727 9	0,939 7	1,373 7
10	7,694 2	2,938 9	3,249 2	1,618 0	1,051 5	0,618 0	0,649 8	0,951 1	1,528 8
12	11,196	3,000 0	3,215 4	1,931 9	1,035 3	0,517 6	0,535 9	0,965 9	1,866 0
15	17,642	3,050 5	3,188 3	2,404 9	1,022 3	0,415 8	0,425 1	0,978 1	2,352 3
16	20,109	3,061 5	3,182 6	2,562 9	1,019 6	0,390 2	0,397 8	0,980 8	2,513 7
20	31,569	3,090 2	3,167 7	3,196 2	1,012 5	0,312 9	0,316 8	0,987 7	3,156 9
24	45,575	3,105 8	3,159 7	3,830 6	1,008 6	0,261 1	0,263 3	0,991 4	3,797 9
32	81,225	3,121 4	3,151 7	5,101 1	1,004 8	0,197 0	0,197 0	0,995 2	5,076 6
48	183,08	3,132 6	3,146 1	7,644 9	1,002 1	0,130 8	0,131 1	0,997 9	7,628 5
64	325,69	3,136 5	3,144 1	10,190	1,001 2	0,098 3	0,098 3	0,998 8	10,17 8

Cirkel. (Zie Tafel blz. 143.)

$$F = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{Od}{4} = 0{,}785\,398\ d^2$$

waarin r = straal. d = middellijn. O = omtrek.

Cirkelvormige ring.

$$F = \pi (R^2 - r^2) = \tfrac{1}{4}\pi (D^2 - d^2) = 2\pi R_0 \delta$$

waarin R = straal buitencirkel.
r = ,, binnencirkel.
D = middellijn buitencirkel.
d = ,, binnencirkel.
R_0 = gemiddelde straal.
δ = breedte van den ring.

Cirkelvormig gewelf. (Zie fig. 1).

$$F = a b \left(1 + \frac{a}{2r}\right)$$

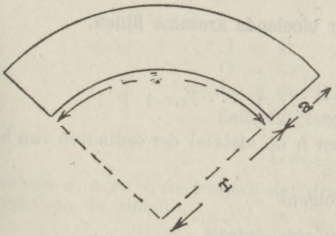


Fig. 1.

Cirkelsegment. (Zie Tafel blz. 168).

$$F = \tfrac{1}{2} r^2 \left(\left(\frac{\pi \phi}{180}\right) - \sin \phi\right)$$

waarin r = straal
ϕ = middelpuntshoek in graden

of benaderd:

$$F = \left(\frac{2}{3}\, l + \frac{h^2}{2\,l}\right) h$$ waarin l de koorde en h de pijl

$$l = 2r \sin \frac{\phi}{2} \qquad h = r\left(1 - \cos \frac{\phi}{2}\right)$$

$$L = \pi r \frac{\phi}{180} = 0{,}017\,453\ r\phi$$

of benaderd $$L = \sqrt{l^2 + \frac{16}{3} h^2}$$

Ellips.

$$F = a\,b\,\pi$$

waarin a en b de beide half-assen.

$$O = \pi\,(a + b)\left\{1 + \tfrac{1}{4}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2 + \tfrac{1}{64}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^4 + \ldots\right\} = \pi\,(a + b)\,s$$

waarin voor $\frac{a-b}{a+b}$ = 0,1 0,2 0,3 0,5 1,0

s = 1,0025 1,0100 1,0226 1,0635 1,2732.

Het oppervlak van een stuk der ellips afgesneden door de hoofdassen in het middelpunt en de ordinaat y van een punt is

$$\frac{xy}{2} + \frac{ab}{2}\,\text{bg sin}\,\frac{x}{a}.$$

Parabool.

$$F = \frac{2}{3}\,g\,h$$

waarin g een koorde loodrecht op de as
en h het door die koorde afgesneden stuk der as.

Dezelfde formule geldt ook benaderend voor een willekeurig segment met de grondlijn g en de hoogte h.

De booglengte van den top tot een punt met abscis x bij een assenstelsel door den top is:

$$L = \frac{p}{2}\left\{\sqrt{\frac{2x}{p}}\left(1 + \frac{2x}{p}\right) + \lg\left(\sqrt{\frac{2x}{p}} + \sqrt{1 + \frac{2x}{p}}\right)\right\}$$

waarin 2p de parameter bij de topvergelijking $y^2 = 2px$.

Is $\frac{x}{y}$ een kleine breuk, dan is benaderd

$$L = y\left\{1 + \tfrac{2}{3}\left(\frac{x}{y}\right)^2 - \tfrac{2}{5}\left(\frac{x}{y}\right)^4\right\}$$

of voor een vlakken segmentboog met grondlijn g en hoogte h:

$$L = g\left\{1 + \tfrac{8}{3}\left(\frac{h}{g}\right)^2 - \frac{32}{5}\left(\frac{h}{g}\right)^4\right\}$$

Willekeurige vlakken begrensd door vloeiende kromme lijnen.

1) Volgens den *trapeziumregel* is

$$F = h\left(\frac{y_0 + y_n}{2} + y_1 + y_1 + \cdots y_{n-1}\right)$$

waarin y_0 en y_n de begin- en eindordinaat en h de afstand der ordinaten van het in n strooken verdeelde vlak.

Nauwkeuriger is de oppervlaktebepaling volgens

2) *den regel van Simpson.*

$$F = \frac{1}{b}\,h\,(y_0 + 4\,y_1 + 2\,y_2 + 4\,y_3 + \ldots 2\,y_{2n-2} + 4\,y_{2n-1} + y_{2n})$$

waarin y_0 de beginordinaat, y_{2n} de eindordinaat en h de afstand der ordinaten is van het even (2n) aantal even breede strooken (h), waarin de vlakken verdeeld zijn.

De regel geeft, wanneer y een geheele functie van hoogstens den 3en graad is, reeds nauwkeurige uitkomst bij meting van 3 ordinaten (y_m = ordinaat in het midden).

$$F = \tfrac{1}{3}\,h\,(y_0 + 4y_m + y_{2n})$$

3) *Methode van Tchebycheff.*

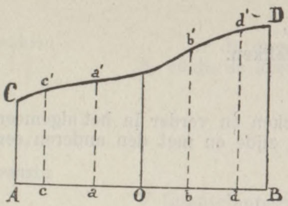


Fig. 2

Wenscht men b.v. het oppervlak te bepalen van de figuur A B D C, begrensd door de kromme en de ordinaten A C en B D, dan zet men uit het midden O van de basis A B de abscissen O a = O b, O c = O d, O e = O f, enz. uit, waarvoor men de bijbehoorende ordinaten aa', bb', cc' en dd' opmeet. Het arithmetisch gemiddelde dezer ordinaten, vermenigvuldigd met de lengte van de basis A B, geeft dan het oppervlak. De grootte der uit te zetten stukken O a = O b, O c = O d enz. bedraagt bij berekening met

2 ordinaten	0,577 35 O A
3 „	0 „ 0,707 107 „
4 „	0,187 592 „ 0,794 654 „
5 „	0 0,374 541 „ 0,832 498 „
6 „	0,266 635 „ 0,422 519 „ 0,866 247 „
7 „	0 0,323 912 „ 0,529 657 „ 0,883 862 „
8 „	0,167 906 „ 0,528 762 „ 0,601 019 „ 6,911 589 „

Alzoo bij 4 ordinaten $F = \frac{aa' + bb' + cc' + dd'}{4} A B$

Lichamen.

Kubus.

$I = a^3$ $\qquad R = \frac{1}{2} a \sqrt{3}$

$O = 6a^2$ $\qquad r = \frac{1}{2} a$

waarin a de ribbe.

Scheefafgesneden driezijdig prisma.

$$I = \frac{1}{3} (a + b + c) G$$

waarin a, b en c de lengten der drie evenwijdige zijden en G de doorsnede, loodrecht op de zijden.

Rechthoekig parallelepipedum of quader.

(loodrecht prisma met rechthoekige grondvlakken).

$I = a b c.$

$O = 2 (a b + a c + b c),$

waarin a, b en c de lengten der drie zijden aan één hoek

Pyramide.

$$I = \frac{1}{3} Gh.$$

waarin G het grondvlak en h de hoogte.

Afgeknotte pyramide.

$$I = \frac{1}{3} h (G + B + \sqrt{GB}),$$

waarin G en B de evenwijdige eindvlakken.

Prismoide.

(Lichamen, begrensd door 2 evenwijdige veelhoeken en verder in het algemeen door driehoeken, die met een dier veelhoeken een zijde en met den anderen een hoekpunt gemeen hebben.)

Volgens den regel van Simpson is

$$I = \frac{1}{6} h \left\{ G + 4 M + B \right\}$$

G = grondvlak
M = evenwijdig middenvlak.
B = bovenvlak

Prismatoïde.

(Lichamen, waarvan het parallelle grond- en bovenvlak willekeurige veelhoeken zijn, terwijl de zijden uit driehoeken, trapeziums, of parallelogrammen gevormd zijn.)

Volgens den regel van Simpson is

$$I = \frac{1}{6} h \left\{ G + 4 M + B \right\}$$

waarin G het grondvlak
M het evenwijdige middenvlak
B het bovenvlak.

Als bijzondere vorm geldt de *obelisk* d. i. een prismatoïde, waarvan grond- en bovenvlak evenveel zijden tellen, die 2 aan 2 in dezelfde volgorde genomen evenwijdig zijn.

Regelmatige Veelvlakken.

(Lichamen, begrensd door regelmatige gelijk- en gelijkvormige veelhoeken.)

De inhoud is gelijk aan het oppervlak vermenigvuldigd met een derde van het apothema (straal van den ingeschreven bol = r).

Waarde van verschillende grootheden: (ribbe = a).

Veelvlak.	Straal omgeschreven bol R	Straal ingeschreven bol r	Oppervlak O	Inhoud I
viervlak (tetraeder)	$\frac{1}{4} a \sqrt{6}$	$\frac{1}{12} a \sqrt{6}$	$a^2 \sqrt{3}$	$\frac{1}{12} a^3 \sqrt{2}$
zesvlak (hexaeder)	—	—	—	—
achtvlak (octaeder)	$\frac{1}{2} a \sqrt{2}$	$\frac{1}{6} a \sqrt{6}$	$2 a^2 \sqrt{3}$	$\frac{1}{3} a^2 \sqrt{2}$
twaalfvlak (dodecaeder)	$\frac{1}{4} a (\sqrt{15} + \sqrt{3})$	$\frac{1}{4} a \sqrt{\frac{50 + 22\sqrt{5})}{5}}$	$3 a^2 \sqrt{(25 + 10\sqrt{5})}$	$\frac{1}{4} a^3 (15 + 7\sqrt{5})$
twintigvlak (icosaeder)	$\frac{1}{4} a \sqrt{(10 + 2\sqrt{5})}$	$\frac{1}{12} a (3\sqrt{3} + \sqrt{15})$	$5 a^2 \sqrt{3}$	$\frac{5}{12} a^3 (3 + \sqrt{5})$

Wig.

$$I = \frac{1}{6} (2a + a_1) bh$$

waarin a en b de zijden van het grondvlak, a_1 de rug en h de hoogte.

Cylinder.

$$I = G h,$$

waarin G het grondvlak.

Ronde oppervlak = omtrek grondvlak × hoogte.

Schuin afgesneden rechte cylinder met cirkelvormig grondvlak:

$$I = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}$$

waarin r de straal van het grondvlak,
h_1 en h_2 de kortste en langste zijde van den cylinder.

Kegel.

$$I = \frac{1}{3} G\ h,$$

waarin G het grondvlak.

$$F \text{ (manteloppervlak)} = \pi\ R \sqrt{R^2 + h^2} = \pi RS$$

waarin S = mantellijn.

Afgeknotte kegel met cirkelvormig grondvlak:

$$I = \frac{1}{3} \pi h\ (R^2 + Rr + r^2)$$

waarin R de straal van den cirkel van het grondvlak
en r „ „ „ „ „ „ „ bovenvlak.

$$F \text{ (manteloppervlak)} = S\pi s$$

waarin $S = R + r$ en $s = \sqrt{h^2 + (R-r)^2}$

Bol.

$$I = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi d^3 = 4{,}188\ 79\ r^3$$

$$O = 4\pi r^2 = \pi d^2$$

waarin r de straal en d de middellijn.

Bolvormig segment.

$$I = \frac{1}{6}\pi\ h\ (3a^2 + h^2) = \frac{1}{3}\pi h^2 (3\ r - h).$$

$$O = 2\pi rh = \pi\ (a^2 + h^2)$$

waarin h de hoogte, r de straal van den bol
en a de straal van het grondvlak.

Kegelvormige bolsector.

$$I = \frac{2}{3}\pi r^2 h = 2{,}094\ 395 r^2 h$$

$$O = \pi r (2\ h + a)$$

waarin r de straal van den bol, h de hoogte van het segmentvormig gedeelte en a de straal van het grondvlak van dit gedeelte.

Ellipsoïde.

$$I = \frac{4}{3}\pi a\ b\ c$$

waarin a, b en c de drie halve assen.

Paraboloïde.

$$I = \frac{1}{2}\pi\ .\ h\ a\ .\ b$$

waarin h de hoogte en a en b de halve assen van het elliptisch grondvlak.

Omwentelingslichamen.

(Lichamen gevormd door het wentelen van een kromme om een as, welke in het vlak der kromme ligt).

Regels van Guldin:

Het oppervlak van het lichaam is gelijk aan den weg, door het zwaartepunt

der kromme doorloopen, vermenigvuldigd met de lengte der kromme

$$O = 2\pi s l$$

waarin s = afstand van het zwaartepunt tot de as
l = lengte der kromme.

De inhoud van het lichaam is gelijk aan den weg doorloopen door het zwaartepunt van het door de kromme gevormd oppervlak, vermenigvuldigd met de grootte van dit oppervlak

$$I = 2\pi s F$$

waarin s = afstand van het zwaartepunt van het door de kromme omslōten oppervlak
F = grootte van dit oppervlak.

Cylindervormige ring.

$$I = 2\pi^2 R r^2 = 19{,}739\ R r^2$$
$$O = 4\pi^2 R r = 39{,}478\ R r$$

waarin R de straal van de as van den ring en
r „ „ „ doorsnede van den ring.

Kuip met elliptisch eindvlak.

$$I = \frac{1}{6}\pi h \left\{ 2\ (ab + a_1 b_1) + ab_1 + a_1 b \right\}$$

waarin a, b en a_1, b_1 de halve assen der eindvlakken.

Vaten. (Fig. 3.)

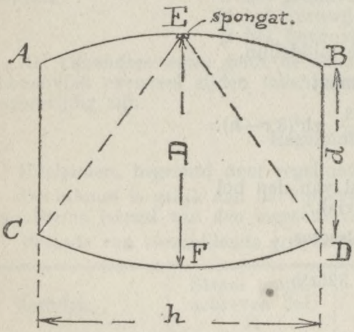


Fig. 3.

Is A C = B D = d de bodemdiepte
E F = D de spondiepte
C E = D E de steeklengte
dan is bij cirkelvormige duigen:

$$I = \frac{1}{12}\ (2D^2 + d^2)\ h$$

en bij parabolische duigen:

$$I = \pi h \left(\frac{2D + d}{6}\right)^2$$

Als benaderingsformule kan in de meeste gevallen gelden

$$I = 0{,}087\ 5\ h\ (d + 2\ D)^2.$$

Wanneer de fusten gelijkvormig zijn, verhouden de inhouden zich als de derde machten der gelijkstandige lijnen. Uit de steeklengten kan dan eveneens de inhoud worden afgelezen. Voor een fust van 1000 L inhoud is deze 1175 mM lang, waarbij wordt aangenomen, dat

$$D : d : h = 9 : 8 : 10{,}5.$$

Halfcirkelvormig tongewelf.

$$I = \frac{\pi}{2}\ (2\,r\,d + d^2)\ l$$

waarin r de inwendige straal van het gewelf,
d de dikte van het gewelf,
l de lengte van het gewelf.

Willekeurig cirkelvormig troggewelf.

$$I = \frac{\pi\,\phi}{360}\ (2\,r\,d + d^2)\ l$$

waarin r, d en l als boven en ϕ de middelpuntshoek tusschen de twee eindstralen der doorsnede van het gewelf.

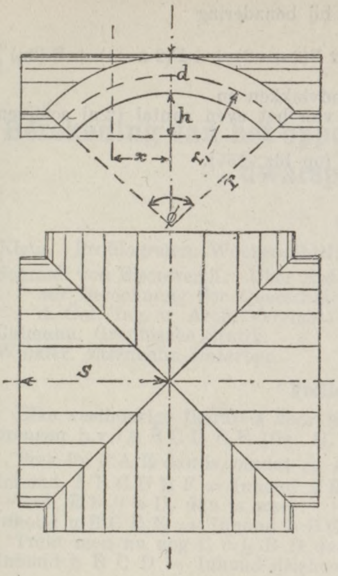


Fig. 4.

Kruisgewelf. (Fig. 4).

Kwadraatvormig kruisgewelf.

$$I = 8\,b\,\frac{r_1}{r}\left(s - x\,\frac{r_1}{r}\right) d$$

waarin b = halve booglengte van den lijfboog.

$$x = \frac{r\,h}{b} = \text{afstand van het zwaarte-}$$

punt van den halven lijfboog tot de as.

Rechthoekig kruisgewelf.

$$I = \frac{\pi\,\phi}{360}\left\{2\,r\,d + d_2\right\} S + \frac{\pi\,\psi}{360}\left\{2\,R\,D + D^2\right\} s$$

waarin r en d, R en D respectievelijk de inwendige straal en de zwaarte der gewelfoppervlakken voor elke zijde van den overwelfden rechthoek, ϕ en ψ de middelpuntshoeken voor elke zijde en 2S en 2s de spanwijdten van het gewelf.

Kloostergewelf (Fig. 5).

$$I = 8bx\left(\frac{r_1}{r}\right)^2 d$$

waarin b de halve booglengte van den lijfboog
x de afstand van het zwaartepunt van den halven lijfboog tot de as.

Willekeurige lichamen.

begrensd door twee evenwijdige eindvlakken. (Fig. 6.)

Is de doorsnede van het lichaam uit te drukken

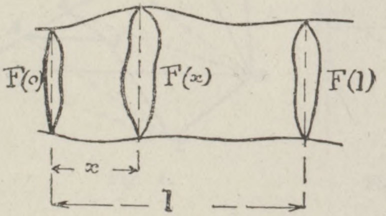


Fig. 6.

in een rationeele functie niet hooger opklimmende dan den derden graad, dan is volgens den regel van Simpson

$$I = \frac{1}{6}\,l\left\{F(0) + 4F\left(\frac{1}{2}\right) + F(l)\right\}$$

waarin F (o) en F (l) het oppervlak der eindvlakken en F $\left(\frac{1}{2}\right)$ het oppervlak der doorsnede n het midden.

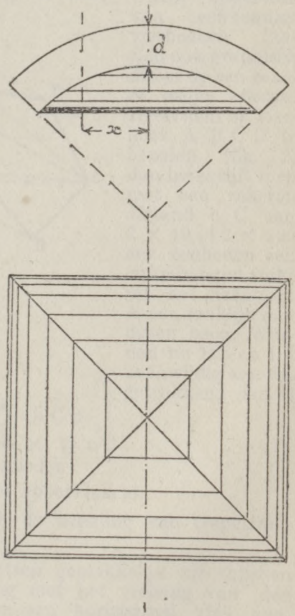


Fig. 5.

Voldoet de doorsnede daaraan niet, dan is bij benadering

$$I = \frac{1}{3} h \left\{ F(0)+4 F(1)+2 F(2)+4 F(3)+ \cdots 2 F(2 n-2) + 4 F(2 n-1) + F(2n) \right\}$$

waarin F (0) en F (2 n) de inhouden der eindvlakken en F (1), F (2) . . . enz. de inhouden van het even aantal (2 n) schijven van dezelfde hoogte h.

Zie verder: „Berekening van aardmassa's" (op blz. 254).

Berekening van het oppervlak van veelhoekige figuren, dwarsprofielen, enz.

Litteratuur,

Klein. Profilografen. Wochenschrift d. Öst. Ing. u. Arch. Vereins 1880.

Schmoll von Eisenwerth. Über Erd-Berechnungsmethoden und über Hülfstabellen zur Berechnung der Querschnittsflächen von Auf- und Abträgen. Zeitschrift d. Öst. Ing. u. Arch. Vereins 1879.

Culmann. Graphische Statik.

Winkler. Eisenbahn-Unterbau.

Veelhoekige figuren.

Elke veelhoekige figuur is door herhaalde vervorming in een driehoek over te brengen b.v. A B C D E F (fig. 1).

Trek Fa // A E dan is, omdat $\triangle$ A F E = $\triangle$ A a E:
Inhoud A B C D E F = Inhoud a B C D E

Trek E b // a D, dan is weer:
Inhoud a B C D E = Inhoud b B C D

Trekt men nu nog C c // B D dan is weer:
Inhoud b B C D = Inhoud driehoek b c D.

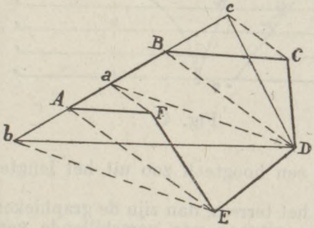


Fig. 1.

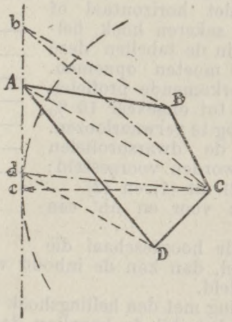


Fig. 2.

Het oppervlak van eenvoudige vierhoeken laat zich ook graphisch direct op een zekere aslijn aflezen. Heeft men nl. vierhoek A B C D te bepalen (fig. 2) dan beschrijft men met een zekeren afstand c C van 2 × 10 of 2 × 100 enz. eenheden een cirkelboog en trekt uit het hoekpunt A een raaklijn aan dezen boog. Worden nu B b en Dd evenwijdig aan AC getrokken, dan is

Inhoud A B C D = inhoud $\triangle$ b C d
of daar inhoud $\triangle$ b C d = b d × ½ c C
= b d × 10 (100, enz.) eenheden

leest men op de aslijn direct de grootte b d van het oppervlak af.

Hiervan kan men voordeelig gebruik maken bij de bepaling van trapeziumvormige dwarsprofielen, dammen, enz.

Bij *gelijkvormige dwarsprofielen* kunnen de grootten gemakkelijk uit tabellen worden afgelezen. Houdt men in zooverre rekening met het verhang van den grondslag, dat men de gemiddelde hoogte h boven een horizontaal vlak aan neemt, welk horizontaal vlak een dwarsprofiel van gelijke grootte geeft (fig. 3),

dan is voor ophooging de inhoud van het dwarsprofiel bij taluds van 1 : n of 1 op n

$$F = bh + nh^2 \ldots . (1)$$

en voor ingraving

$$F' = b'h + 2f + nh^2 \ldots . (2)$$

waarin f de inhoud van een bermsloot of anderszins als constante wordt aangenomen.

De vergelijkingen (1) en (2) geven voor een gelijke toename dh van h een reeks van de 2e orde; waarvan het verschil is:

$$bhd + 2ndh + ndh^2$$

en het constante tweede verschil is

$$2ndh^2.$$

Met behulp van deze formules kan men tabellen opmaken.

Door den inhoud van drie opeenvolgende profielen der tabel te bepalen en hieruit het tweede verschil te berekenen, kan men de andere profielen uit de tabel door eenvoudige optelling verkrijgen.

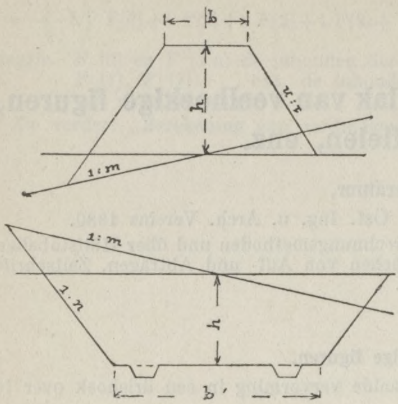


Fig. 3.

Deze tabellen met enkelen ingang, die slechts één veranderlijk element, de hoogte der profielen bevatten, kan men op verdeelde schaal overbrengen en wel op een hoogteschaal gelijk aan die van het lengteprofiel. Legt men de schaal met het nulpunt op de lengteas en langs de vertikaal aan, dan is bij de doorsnijding met de lijn van het terrein, de inhoud direct af te lezen.

Is het terrein niet horizontaal of constant onder een zekeren hoek hellende, dan zal men in de tabellen deze tweede veranderlijke moeten opnemen. Voor de meest voorkomende profielen is een terreinshelling tot ongeveer 10 % bij de berekening nog te verwaarloozen.

De inhoud van de dwarsprofielen kan ook *graphisch* worden voorgesteld: bh en $b^1h + 2f$ uit (1) en (2) stellen rechte lijnen voor en nh^2 een parabool (fig. 4).

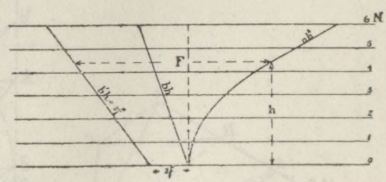


Fig. 4.

Neemt men voor de hoogteschaal die van het lengteprofiel, dan kan de inhoud voor een hoogte h zoo uit het lengteprofiel worden afgeleid.

Houdt men rekening met den hellingshoek van het terrein, dan zijn de graphieken ingewikkelder. Men kan bij de bepaling daarvan uitgaan van verschillende vereenvoudigde formules voor den inhoud der profielen.

Lalanne neemt als algemeene formule aan

$$F = \tfrac{1}{2}\, h^2 \, \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} \quad \text{(fig. 5)}$$

waarin h de hoogte
tg α de tangens van den hellingshoek der taluds
tg β „ „ „ „ „ van het terrein.

Winkler gaat uit van de formule

$$F_1 = (h + h_0)^2 \, \frac{m}{1 - m^2 n^2}$$

waarin $F_1 = \triangle$ C D E
$m = \cot \alpha$
$n = \operatorname{tg} \beta$

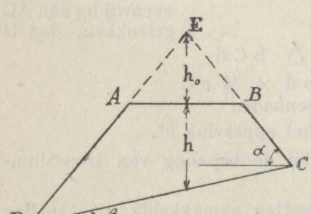


Fig. 5.

zoodat de inhoud van het profiel ABCD wordt gevonden door F_1 met den inhoud van △ ABE te verminderen.

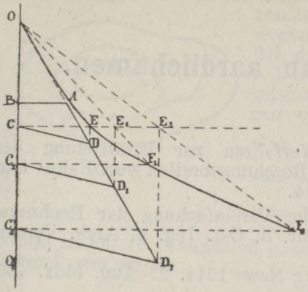


Fig. 6.

Culmann gaat als volgt te werk:

Is OO_1 de as van de gelijkvormige dwarsprofielen, waarvan de helft door ABCD, ABC_1D_1 enz. wordt voorgesteld, dan kunnen de inhouden daarvan tot dezelfde basis OC worden teruggebracht. Men projecteert daartoe D, D_1 en D_2 op een horizontale lijn door C getrokken. Verbindt men nu O met de punten E, E_1 E_2, enz. tot deze verbindingslijnen de aan CE evenwijdige lijnen C_1, F_1, C, F_2, enz. snijden, dan meten de stukken C E, C_1 F_1, C_2 F_2, enz. de inhouden der driehoeken OCD, OC_1D_1, enz. De punten E, F_1 F_2, enz. liggen op een parabool, waarvan de abscissen alzoo de inhouden der correspondeerende driehoeken OC_xD_x aangeven, welke ter verkrijging der inhouden der gezochte profielen met het constante stuk OBA moeten worden verminderd.

Berekening van den inhoud van aardlichamen.

Litteratuur.

Dr. Ing. Felix v. Glaszer. Die graphischen Verfahren zur Ermittelung der Querschnittsflächen der Grunderwerbs- und Böschungsbreiten von Bahn- und Straszenkörpern. Julius Springer. Berlin 1914.

Ing. M. Leopold Pollak. Über eine wesentliche Vereinfachung der Rechnung von Damm- und Einschnittstabellen. Zeitschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Vereins 1914 bldz. 467.

Calculating Earthwork Cross-sections. Engineering News 1914. 27 Aug. bldz. 456.

Centralblatt der Bauverwaltung 1905 bldz. 207.

" " " 1906 " 118 (bij spoorwegen)

" " " 1895 " 10 en 11.

Zeitschr. d. Hann. Arch. u. Ing. Vereins 1893.

Goering. Massenermittlung, Massenverteilung und Transportkosten der Erdarbeiten. Berlin. 1907.

" Beiträge zur zeichnerischen Massenermittlung,Massenverteilung und Förderkostenbestimmung der Erdarbeiten. (met andere litteratuuropgaven). R. Schütz. Zeitschr. f. Bauwesen 1908 bldz. 425.

" Beiträge zur zeichnerischen Massenermittlung. Berlin Wilh. Ernst & Sohn.

Willekeurige lichamen.

Voor het bepalen van den inhoud van een willekeurig lichaam, dat zich boven een horizontaal vlak verheft, verdeelt men het horizontaal vlak in vierkanten van gelijke grootte f. In de hoekpunten meet men de hoogten boven het horizontale vlak. Noemt men deze hoogten in die hoekpunten, welke slechts aan één onafgebroken vierkant behooren a_1, a_2, enz., in die, welke aan twee vierkanten behooren b_1, b_2, enz.; in die, welke aan drie vierkanten behooren c_1, c_2, enz. in die, welke aan vier vierkanten behooren d_1, d_2, enz., dan is (zie fig. 1, waarin de lijn A B de doorsnede van het aardlichaam met het horizontale vlak voorstelt) de inhoud van het gedeelte boven het vierkant I

$$\frac{a_1 + c_1 + c_2 + d_1}{4} f$$

en van dat boven vierkant II:

$$\frac{b_1 + c_1 + d_2 + d_3}{4} f$$

en van dat boven vierkant III:

$$\frac{a_2 + b_1 + b_2 + d_2}{4} f, \text{ enz.}$$

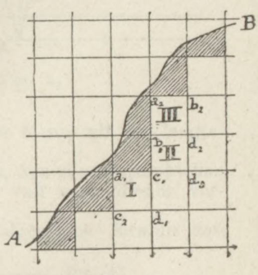


Fig. 1.

De som dezer inhouden is:

$$S = \frac{f}{4}\left(\Sigma a + 2 \Sigma b + 3 \Sigma c + 4 \Sigma d\right)$$

waarbij dan nog de som der inhouden der afgebroken gearceerde vierkanten moet worden gevoegd, welke som door doelmatige netverdeeling zoo klein mogelijk te houden is om nauwkeurige uitkomsten te verkrijgen.

Is de grondhoeveelheid door hoogtelijnen voor een hoogteverschil h bepaald, (fig. 2), dan kan zij boven het grondvlak G uit verschillende lagen worden gedacht van gelijke hoogte h en met inhouden $\frac{1}{2}(G + F_1)\, h$, $\frac{1}{2}(F_1 + F_2)\, h$, enz. en een totalen inhoud

$$S = \frac{1}{2} h \left\{ G + 2 (F_1 + F_2 + F_3 + \ldots) + F_n \right\}$$

Langgerekte lichamen, dammen, enz.

Bij langgerekte grondlichamen van nagenoeg gelijkvormige dwarsdoorsnede, zooals dammen en ingravingen voor gewone en spoorwegen, is de inhoud het best te bepalen uit de grootte der dwarsprofielen. (Zie blz. 252.)

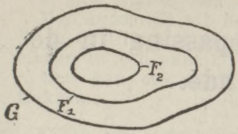


Fig. 2.

De beschouwde grondlichamen zijn doorgaans als prismatoïden te beschouwen. Zijn de eindvlakken gelegen op een afstand l groot F_0 en F_2 en is het middenvlak op afstand $\frac{l}{2}$ groot F_1, dan is de inhoud van zulk een prismatoïde

$$I = \frac{l}{6}(F_0 + 4\,F_1 + F_2).$$

Zijn in het te behandelen geval de hoogten h en de helling van het talud n bekend, zoo wordt:

$$I = \frac{F_0 + F_2}{2}\,l - \frac{n\,l}{6}\,(h_0 - h_2)^2.$$

In de praktijk wordt vaak alleen de eerste term genomen, waardoor de inhoud $\frac{n\,l}{6}(h_0 - h_2)^2$ te groot wordt.

Meetkundige constructies, van toepassing in de bouw- en werktuigkunde.

Litteratuur.

F. Ebner. Technische wichtige Kurven. Teubner, Leipzig.
Dr. Quint. Benaderingsconstructies voor regelmatige veelhoeken. De Natuur 1894, blz. 83.
Alfred Kirschke. Die darstellende Geometrie des Maschinentechnikers, Leipzig, Seemann & Co. 1912.
Geschnittene Zahnräder, Ihre Anwendung und Berechnung nebst allgemeinen Preistabellen. Maschinenfabrik Prometheus. G. m. b. H. 4e Aufl. 1913.
J. H. Deys. Van een smid tot een smid. Handleiding voor den jongen plaatwerker. Uitg. Ruygrok Haarlem. f 1,65.
J. Godefroy. Het schetsen van machinedeelen voor technici. Æ. E. Kluwer, Deventer, 1918, 3e druk. f 3,50.
Aken, G. H. W. van. Tandraderen. Kluwer, Deventer, geb. f 3,75.
W. C. A. Ridderhof. Leerboek der Perspectief, 3 dln. f 13,—. Kluwer Deventer.
Idem Scheeve parallelprojectie f 1,80. Kluwer, Deventer.

Werkstukken bij het teekenen.

Loodlijnen.

1. *Uit een gegeven punt A van een bepaalde lijn een loodlijn op deze lijn op te richten.*

Men neme met den passer, ter weerszijden van het punt A, twee gelijke afstanden AB en AC. Uit de punten B en C als middelpunten met eenzelfden willekeurigen straal grooter dan A B beschrijve men twee cirkelbogen en vereenige hun snijpunt D met het punt A, dan is AD de loodlijn.

2. *Uit het uiteinde A van een lijn AC een loodlijn op die lijn op te richten, zonder de gegeven lijn te verlengen.*

Men neemt in de lijn een willekeurig punt B aan, beschrijft uit A en B als middelpunten met willekeurigen straal grooter dan de helft van AB cirkelbogen. Vereenigt men het punt B met het snijpunt D dezer cirkelbogen en verlengt men B D, totdat DE = BD, dan zal de lijn A E de gevraagde loodlijn wezen.

3. *Uit een gegeven punt A buiten een gegeven lijn een loodlijn op deze lijn neer te laten.*

Uit het punt A als middelpunt beschrijft men een cirkelboog, waardoor de gegeven lijn in twee punten B en C wordt gesneden. Uit de punten B en C als middelpunten beschrijft men beneden de gegeven lijn met grooteren straal dan $\frac{1}{2}$ BC twee nieuwe cirkelbogen, die elkaar in D snijden. De verbinding DA zal dan de gevraagde loodlijn wezen.

4. *Het midden van een in lengte gegeven lijn te bepalen.*

Men beschrijft uit de uiteinden A en B met willekeurigen straal twee cirkelbogen, die elkaar in twee punten C en C^1 snijden. Het snijpunt van de verbindingslijn CC^1 en AB of het punt O is dan het gevraagde midden.

5. *Een cirkel te brengen door drie gegeven punten, die niet in een rechte lijn gelegen zijn.*

Men richt in het midden van twee van de drie door de drie punten bepaalde rechte lijnen een loodlijn op, als hierboven beschreven. Het snijpunt der loodlijnen is dan het middelpunt van den cirkel.

6. *Uit een gegeven punt A van een lijn een lijn te trekken, die met de eerste een gegeven hoek M maakt.*

Men beschrijft uit het hoekpunt M van den gegeven hoek een cirkelboog, welke de beenen van den hoek snijdt in de punten N en P. Uit het punt A van de gegeven lijn beschrijft men met denzelfden straal een cirkelboog, welke de gegeven lijn snijdt

in het punt B. Uit B met de koorde N P als straal een cirkelboog beschreven, snijdt den eersten cirkelboog in het punt C. De hoek CAB is dan een gelijke hoek.

7. *Een gegeven hoek middendoor te deelen.*
Men beschrijft uit het hoekpunt A een cirkelboog, welke de beenen snijdt in B en C. Uit deze punten met denzelfden straal cirkelbogen beschreven snijden elkaar in een punt D, hetwelk op de lijn ligt, welke den hoek middendoor deelt.
Men kan ook uit de punten B en C evenwijdige lijnen aan de beenen AB en AC trekken.

8. *Op een rechte lijn AB van bepaalde lengte een cirkelsegment beschrijven, dat een gegeven hoek M bevat.*
Men trekt uit punt A een willekeurige lijn AC en uit B de lijn BC, welke met AC een hoek maakt gelijk aan den gegeven hoek M. Trekt men dan door de drie punten A, B en C een cirkelboog, dan zal deze de gevraagde cirkelboog zijn.

9. *Uit een gegeven punt buiten een gegeven cirkel een raaklijn aan dien cirkel te trekken.*
Men vereenigt het gegeven punt A met het middelpunt O van den cirkel. Op de lijn AO als middellijn beschrijft men een cirkel, welke den eersten cirkel zal snijden in de punten, B en C, welke de raakpunten van de raaklijnen AB en AC zijn.

10. *Een cirkel te beschrijven, die een gegeven lijn AB in een punt C raakt en door een punt D gaat.*
Men richt een loodlijn op AB in C en een loodlijn in het midden van CD. Het snijpunt van beide loodlijnen is het middelpunt van den gevraagden cirkel.

11. *Een gegeven lijn in een willekeurig aantal gelijke deelen te verdeelen.*
Men trekt uit het einde A van de gegeven lijn AB een willekeurige lijn AC, welke het benoodigde aantal willekeurige gelijke deelen bevat. Verbindt men nu de eindpunten B en C en trekt men uit de deelpunten van de lijn AC lijnen evenwijdig aan BC, dan snijden deze van de gegeven lijn de gevraagde stukken af.

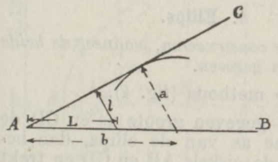


Fig. 1.

12. *Een of meer gegeven lengten in zekere verhouding te verkleinen.* (fig. 1).

Met de verhouding $\frac{a}{b}$, waarin de lengten moeten worden verkleind, wordt de hoek CAB bepaald door op AB de grootte b uit te zetten en met a een cirkelboog te beschrijven, waaraan AC raakt. Elke willekeurige lengte L van A uit op AB met den passer genomen, wordt dan tot den rechthoekigen afstand l in dezelfde verhouding verkleind.

13. *Het construeeren van de middenevenredige tusschen gegeven lengten.*
Zijn de lengten AB en AC (fig. 2) gegeven, dan beschrijft men op AB den halven cirkelboog ADB en richt in C de loodlijn op. De lengte AD is dan de middenevenredige tusschen AC en AB; evenzoo CD tusschen AC en BC
want AB : AD = AD : AC
of ook AC : CD = CD : BC

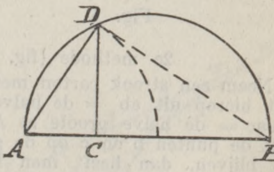


Fig. 2.

14. *Het vervaardigen van schalen en verdeelen door transversalen.*
Heeft men (fig. 3) de lijn AX in een zeker aantal gelijke deelen verdeeld, zooals AB = BC = CD, enz. en deze ook weder in een zeker aantal, hier 10, gelijke deelen verdeeld, en wil men elk dezer deelen ook weder in een aantal, b.v. 10, gelijke deelen verdeelen, dat echter te groot is om de deelpunten duidelijk te kunnen onderscheiden, dan trekt men uit A, B, C enz. onderling evenwijdige lijnen, die ook loodrecht op de lijn AX genomen kunnen worden. Vervolgens neemt men op een dezer lijnen b.v. AA′ vanaf A zooveel gelijke deelen van willekeurige lengte, als er gelijke deelen (10) in elk deeltje A9, 9—8, enz. 1—B begeerd worden en trekt uit elk dezer deelpunten

lijnen evenwijdig aan AX. Vereenigt men nu de punten 9A′ door een dwarslijn en trekt men uit de punten 8, 7, 6, enz. hieraan evenwijdige lijnen, dan is

$$A'\,9' : A'\,A = 9'\,a : A\,9$$

$$A'\,8' : A'\,A = 8'\,b : A\,9 \text{ enz.}$$

of daar $A'\,9' = {}^1/_{10}\,A'A,\ A'\,8' = {}^2/_{10}\,A'\,A$

is ook $9'\,a = {}^1/_{10}\,A\,9,\ 8'\,b = {}^2/_{10}\,A\,9$

of $9'\,a = {}^1/_{100}\,A\,B,\ 8'\,b = {}^2/_{100}\,A\,B$

Men kan hierbij dus tot honderdste deelen van een schaaldeel AB aflezen: b.v. lengte pq = 2,38 ′AB.

Voor de lengte AB kan men nu een of andere maateenheid nemen.

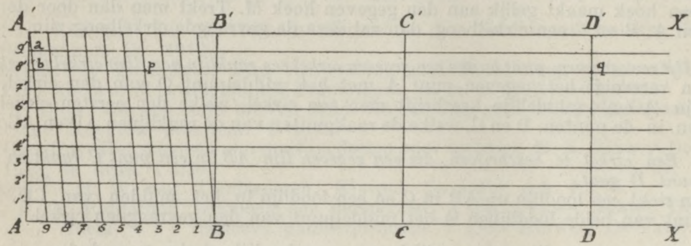


Fig. 3.

Constructies van kromme lijnen.

Kegelsneden.

1. Ellips.

Een ellips te construeeren, wanneer de beide hoofdassen zijn gegeven.

1e methode (fig. 4).

Is AB de gegeven groote as en CD de gegeven kleine as van de ellips, dan beschrijft men de cirkels AB en CD en trekt een willekeurigen straal Ob, welke de cirkels in a en b snijdt. Het snijpunt c van de lijnen bc en ac evenwijdig aan de assen CD en AB getrokken is een punt van de gevraagde ellips.

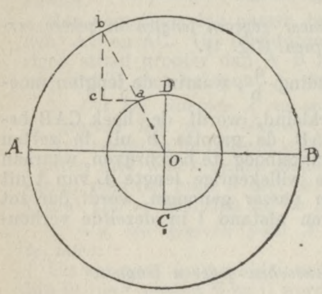


Fig. 4

2e methode (fig. 5).

Neem een strook carton met rechten kant, zet hierop uit ab = de halve kleine as AB en ac = de halve groote as AC. Zorgt men, dat de punten b en c op de groote en kleine as blijven, dan heeft men bij elken stand van de strook bij a een punt van de gevraagde ellips.

3e methode.

Men slaat in het punt c, zoodanig dat Bc de halve groote as is een nagel en ook een nagel in punt A (fig. 5). Draait men nu een schrijfhaak met de beenen geleidelijk tegen deze nagels om, dan zal een op het been van den haak opgeschreven punt a de gevraagde ellips beschrijven.

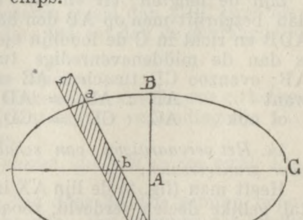


Fig. 5.

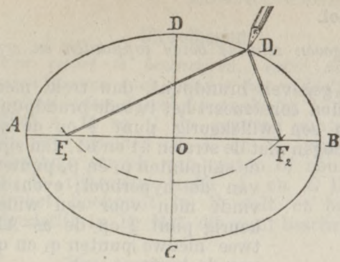


Fig. 6.

4e methode (fig. 6).

Beschrijf met de halve groote as DA als straal en D als middelpunt den boog F_1F_2; de snijpunten F_1 en F_2 zijn de brandpunten van de ellips. Men maakt nu gebruik van de eigenschap, dat de som van de brandpuntsafstanden DF_1 en DF_2 voor elk willekeurig punt D van de ellips gelijk blijft. Men prikt daartoe een speld in F_1 en F_2, spant een draad F_1DF_2 gelijk aan de som van de genoemde brandpuntsafstanden om deze vaste punten en beschrijft met een potloodpunt de ellips, steeds zorg dragende, dat de draad gespannen blijft.

2. **Parabool.**

Een parabool te construeeren, wanneer de top A, de as A B en een punt M zijn gegeven (fig. 7).

Construeer op AB den rechthoek ABMC; verdeel CM en AC in een evengroot aantal gelijke deelen. Verbind den top A met deelpunten van CM en trek uit de deelpunten van AC parallellen aan de as AB, dan zijn de snijpunten p punten van de gevraagde parabool.

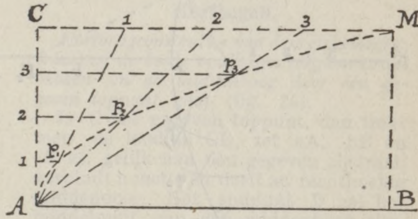


Fig. 7.

Een parabool te construeeren, wanneer het brandpunt F en de top a zijn gegeven (fig. 8).

Voor de constructie van deze parabool maakt men gebruik van de eigenschap, dat elk punt van de parabool evenver moet gelegen zijn van het brandpunt als van de richtlijn, welke loodrecht staat op de as van de parabool en welke gaat door het punt b van deze as, zoodanig, dat b a = aF. Neemt men nu willekeurige punten 1, 2, 3, enz. op de as en trekt men in deze punten de loodlijnen, dan zullen de snijpunten van deze loodlijnen met de cirkels getrokken uit het brandpunt F als middelpunt met stralen gelijk aan b1, b2, b3, enz. punten van de gevraagde parabool zijn.

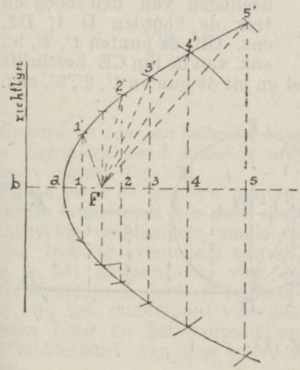


Fig. 8.

Een parabool te construeeren, wanneer de beide raaklijnen aan twee gegeven punten van de parabool zijn gegeven (fig. 9).

Zijn OA en OB de beide raaklijnen aan de gegeven punten A en B, dan deelt men deze in een even groot aantal gelijke deelen Verbindt men de gelijkgenummerde deelpunten, dan zijn de verbindingslijnen tusschengelegen raaklijnen aan de gevraagde parabool en is deze hieraan te construeeren.

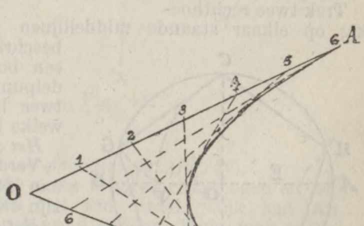


Fig. 9.

3. Hyperbool.

Een hyperbool te construeeren, wanneer gegeven zijn de beide toppunten en een der brandpunten. fig. 10.

Zijn a en b de beide toppunten en F_1 het gegeven brandpunt, dan trekt men de as AB, welke door deze punten gaat. Men construeert het tweede brandpunt door $bF_2 = aF_1$ te nemen. Neemt men nu een willekeurig punt 1 op de as AB en beschrijft men vanuit F_1 en F_2 cirkelbogen met de stralen a1 en b1, dan zijn de snijpunten p_1 en p_2 punten van de hyperbool; evenzoo vindt men voor een willekeurig punt 2 op de as AB twee nieuwe punten q_1 en q_2 van de kromme, enz.

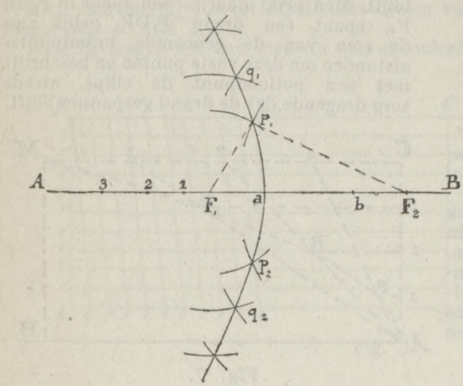


Fig. 10.

4. Cycloïde.

Een cycloïde voor een gegeven cirkel te construeeren (fig. 11).

Neem de tangent AB als basis, trek CE evenwijdig aan AB door het middelpunt en verdeel de cirkelhelft DF in een gelijk aantal deelen. Zet op AB en CE wederzijds van O en D stukken uit gelijk aan de verdeelingen van den boog en trek de koorden D 1, D2, enz. Uit de punten 1′, 2′, 3′, enz. van de lijn CE beschrijft men bogen met stralen, gelijk aan die van den cirkel en uit de punten 1′, 2′, 3′, enz. van de lijn AB beschrijft men met stralen gelijk aan de koorden D1, D2, D3, enz. bogen, welke de eerste snijden in punten p_1, p_2, enz. van de gevraagde cycloïde.

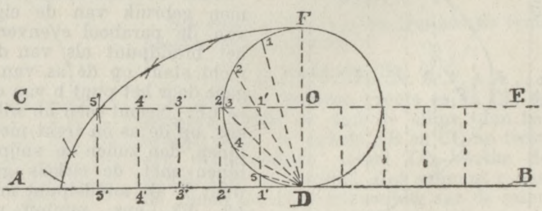


Fig. 11.

Veelhoeken.

Het construeeren van een vijfhoek in een cirkel (fig. 12).

Trek twee rechthoekig op elkaar staande middellijnen AB en CD. Deel AO door E middendoor; beschrijf met E als middelpunt en EC als straal een boog, welke OB in F snijdt. Uit C als middelpunt en met CF als straal beschrijft men nu twee bogen, welke den cirkel snijden in G en H, welke hoekpunten van den vijfhoek zijn.

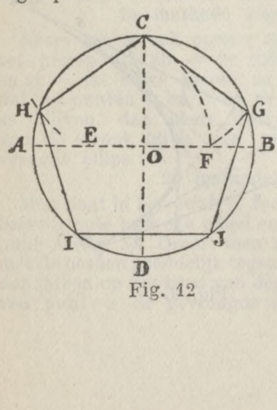


Fig. 12

Het construeeren van een zeshoek in een cirkel.

Verdeel den cirkel in deelen door koorden gelijk aan de lengte van den straal; deze deelpunten zijn dan de hoekpunten van den zeshoek.

Het construeeren van een zeshoek op een gegeven rechte lijn.

Met de lijn als grootte, beschrijft men uit beide eindpunten cirkelbogen, welke elkaar in het middelpunt van den omgeschreven cirkel snijden. Op dezen cirkel is verder de zeshoek af te meten.

Cirkelbogen.

Een cirkel te beschrijven, welke door drie gegeven punten gaat, wanneer het middelpunt van den cirkel buiten de teekening valt (fig. 13.)

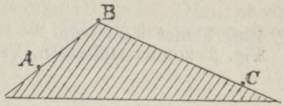


Fig. 13.

Zijn A B en C de gegeven punten; men prikt twee spelden in A en C, maakt een driehoekige strook van carton of hout, welke met de zijbeenen tegen A en C liggende, met het hoekpunt in B valt en houdt de potloodstift in B. Met dit punt beschrijft men nu den cirkel, zorgdragende, dat de beide zijbeenen tegen A en C gesteund blijven.

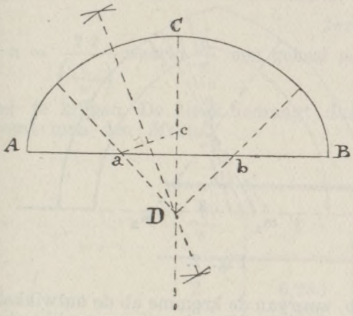


Fig. 14.

Korfbogen.

Korfboogconstructie met drie cirkelbogen, waarvan de beide eindbogen gelijken straal hebben en de middenboog door een gegeven toppunt gaat (fig. 14).

Is C het gegeven toppunt, dan trekt men de loodlijn CD, zet aA, bB en cC af, gelijk aan den gegeven zijstraal, verbindt a met c en deelt ac rechthoekig middendoor. Het snijpunt D zal het middelpunt van den middenboog zijn.

Constructie voor een hellenden boog van bepaalden stand tusschen twee gegeven punten (fig. 15).

Zijn a en b de gegeven punten; trek de horizontaal bc, deel deze rechthoekig middendoor, maak ea = ed, trek fg evenwijdig aan ab, dan is het snijpunt m_1 van de verbindingslijn fe met de horizontaal am_1 het middelpunt van den eersten boog en het snijpunt m_2 het middelpunt van den tweeden boog.

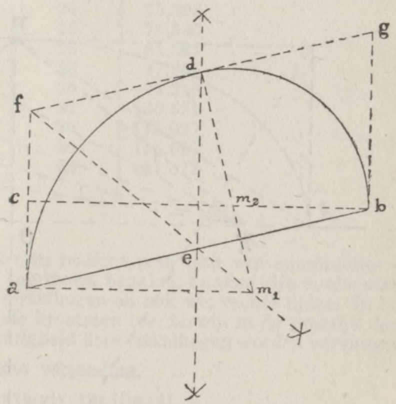


Fig. 15.

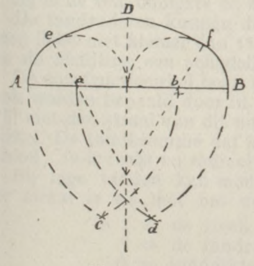


Fig. 16.

Constructie van een paanderboog. (fig. 16).

Men beschrijft uit a en b halve cirkelbogen en uit A, a, b en B bogen met een straal gelijk aan Ab = aB die elkaar in c en d snijden. Trekt men nu de verbindingslijnen cb en ad, dan geven de uit c en d beschreven bogen met den straal cf en de den gevraagden paanderboog.

Voegconstructies bij bogen.

Spitsbogen.

Fig. 1 met sluitsteen.
Fig. 2 zonder sluitsteen. Verdeel m_1 — a in $n + \frac{1}{2}$ deelen; veelal $n = 10$ à 12.

Ellipsbogen (fig. 3).

Voor de richting der voegen kiest men de richting der normalen in de verschillende punten van de ellips. Om deze richtingen in de practijk gemakkelijk te kunnen be-

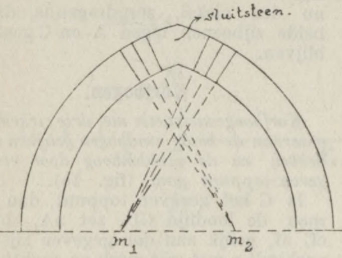


Fig. 1.

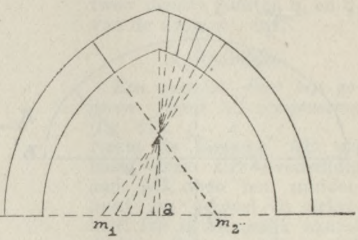


Fig. 2.

palen, maakt men gebruik van een mal ab, waarvan de kromme ab de ontwikkelde kromme (*) is van alle normaallijnen van de ellips. Om deze kromme lijn ab te

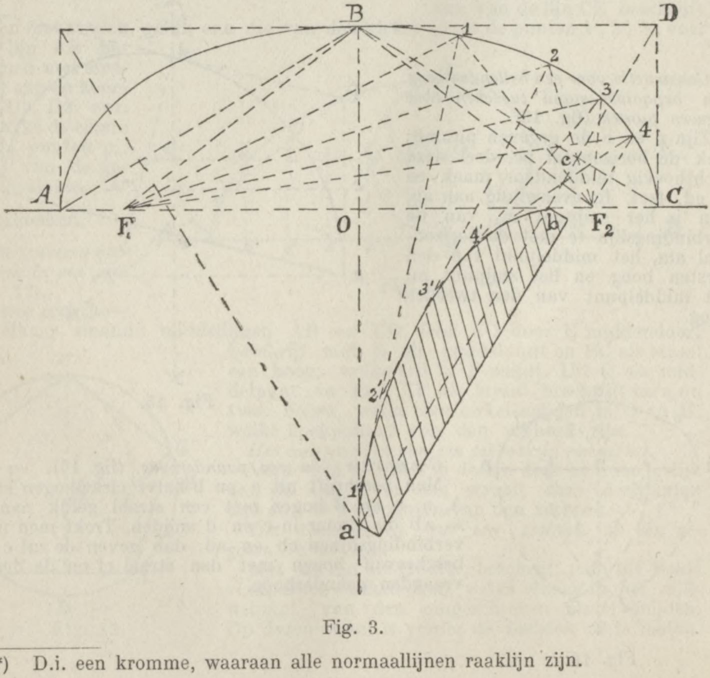


Fig. 3.

(*) D.i. een kromme, waaraan alle normaallijnen raaklijn zijn.

bepalen, worden in eenige punten 1, 2, 3, enz. van den ellipsboog de normalen 11′, 22′, 33′ geconstrueerd door de hoeken $F_1 1 F_2$, $F_1 2 F_2$ enz. middendoor te deelen. Het punt b wordt gevonden als het snijpunt van de loodlijn aD op BC. Met behulp van een lijn of draad, welke in a wordt bevestigd, is de richting der voegen door afwikkeling langs ab gemakkelijk te bepalen.

Tandconstructies.

Het aantal tanden bij tandraderen wordt verdeeld op den steekcirkel. Is de steek of de som van tanddikte en tandruimte en r de straal van den steekcirkel (zie fig. 1), dan is, wanneer n het aantal tanden is

$$2\pi r = nt$$

of $n = \dfrac{2\,r}{\left(\dfrac{t}{\pi}\right)}$ waarin $\dfrac{t}{\pi}$ een geheel getal genomen wordt om een zuivere verdeeling te krijgen. De steek bedraagt dus een veelvoud van π mM. Dit veelvoud noemt men den *Modul.*

$\frac{t}{\pi}$	t	$\frac{t}{\pi}$	t
2	6,283	18	56,549
3	9,425	20	62,832
4	12,566	22	69,115
5	15,708	24	75,398
6	18,850	25	78,540
7	21,991	26	81,681
8	25,133	28	87,965
9	28,274	30	94,248
10	31,416	32	100,531
11	34,558	36	113,097
12	37,699	40	125,664
14	43,982	45	141,372
16	50,265		

Voor het construeeren van den tandvorm bedient men zich van constructie- of rolcirkels. De kromme lijnen, welke den tandvorm bepalen, kunnen zijn evolventen, cycloïden, epicycloïden, hypocycloïden, cirkelbogen en ook wel rechte lijnen. In het algemeen past men de twee eerstgenoemde krommen toe, terwijl in de practijk deze bogen te koste van de mindere nauwkeurigheid door cirkelbogen worden vervangen.

1. Evolvente vertanding.

Zij is de eenvoudigste en doelmatigste tandvorm (fig. 1).

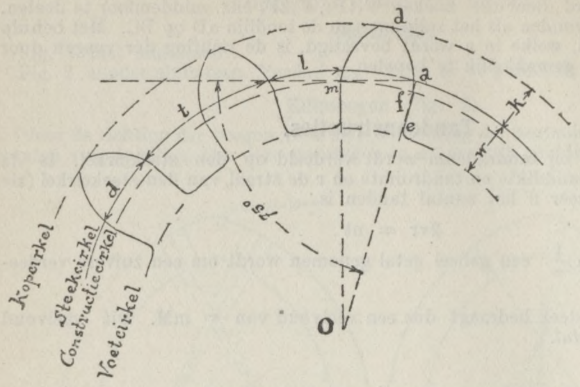
De tandraderen kunnen daarbij meer speling bekomen. Het aantal tanden neme men liefst niet kleiner dan 11 à 14, daar anders de wrijving aanzienlijk grooter wordt en de afslijting een schadelijken invloed heeft.

De constructiecirkel heeft een straal = 0,966 maal die van den steekcirkel en kan ook worden bepaald door in een punt van den steekcirkel een lijn te trekken, welke 75° met den straal van dit punt maakt. Deze lijn is dan raaklijn aan den constructiecirkel. De tandkromme daf is de evolvente door afwikkeling van den constructiecirkel; fe is recht en radiaal bij tandraderen met een aantal tanden beneden de 55.

Bij lage tanden kan men de evolvente door een cirkelboog vervangen, waarvan de straal is ma met het middelpunt m.

Is t = de steek. k = afstand van kop tot steekcirkel.
l = de tandruimte w = „ „ voet „ „
d = tanddikte

dan kan men nemen



$d = \frac{8}{17} t$

$l = \frac{9}{17} t$

$k = \frac{11}{34} t$

$w = \frac{13}{34} t$

of ook $d = \frac{19}{40} t$

$l = \frac{21}{40} t$

$k = 0,3\ t$

$w = 0,4\ t$

Fig. 1.

Bij kegelraderen bepaalt men de tandbegrenzing op de dikke zijde der tanden.

Bij getande stangen (fig. 2) is de tandvorm voor evolvente vertanding altijd een rechte lijn en is

$d = \frac{19}{40} t$

$k = \frac{3}{10} t$

$w = \frac{4}{10} t$

de voetdikte $b = \frac{4}{3} d$

de topdikte $c = \frac{2}{3} d$

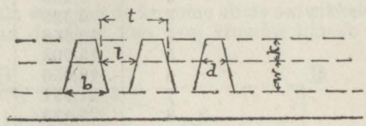


Fig. 2.

2. Cycloïde vertanding.

De cycloïde vertanding (fig. 3) heeft het voordeel, dat men ze bij klein aantal

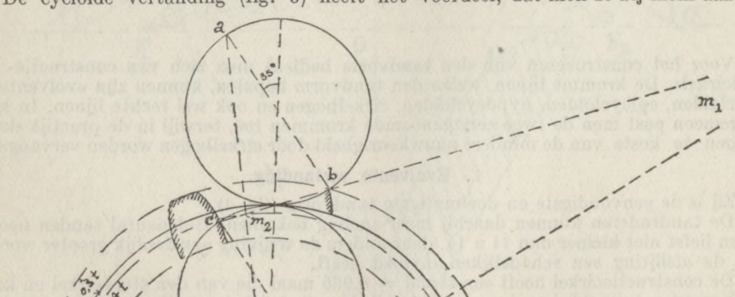


Fig. 3.

(tot 7) kan toepassen, het wrijvingsverlies betrekkelijk klein is en de afslijting minder nadeelig werkt.

De S-vormige kromming der tandzijden maakt de vervaardiging moeilijk. Voor goede aangrijping moeten de steekcirkels elkaar zuiver raken.

De rolcirkels van het drijvende en van het gedreven rad kunnen verschillend in grootte zijn, maar de middellijn van den rolcirkel mag nooit grooter zijn dan de straal van den overeenkomstigen steekcirkel. Veelal neemt men den diameter der rolcirkels gelijk aan 0,9 van den straal van den steekcirkel, beter $\frac{7}{4}$ t (t = steek).

Benaderde cycloïde vertanding door middel van cirkelbogen (fig. 3):

Trek de rolcirkels w en w_1 met middellijnen = $^9/_{10}$ van den straal van den steekcirkel en trek door de middelpunten dezer cirkels lijnen, welke 35° met de verbindingslijn maken. Verbindt de snijpunten c en b en de punten M en d, tevens M met a. Het snijpunt m_1 van Md met bc is het middelpunt van den straal m_1c van den tandvoet en het snijpunt m_2 van Ma met bc het middelpunt van den straal m_2 b van den tandkop.

Het perspectievisch teekenen.

Door middel van de leer der perspectief geeft men de voorwerpen zoodanig weer op een plat vlak, dat hun afbeelding denzelfden indruk maakt op het oog als de voorwerpen zelf. Het oog wordt dan als een punt beschouwd.

Het platte vlak, waarop het voorwerp wordt afgebeeld, is het *tafereel* T (fig. 1) en wordt vertikaal gedacht. De punten van de afbeelding zijn nu de snijpunten met het tafereel van de oogstralen naar het voorwerp getrokken. In de figuur is A de afbeelding van het punt a en a O de oogstraal. De lengte der loodlijn uit het oog op het tafereel neergelaten noemt men de *distantie*, het voetpunt het *oogpunt* P. De doorsnijding van het tafereel met den grond of het grondvlak G is een horizontale lijn G G′ of de grondlijn. Het oogpunt P ligt nu evenver boven de grondlijn als het

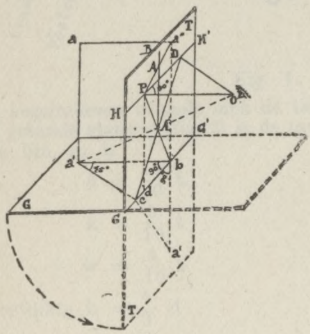


Fig. 1.

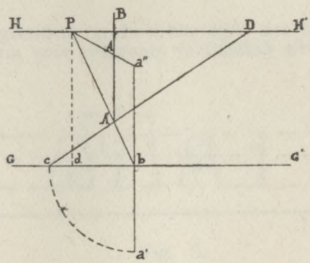


Fig. 2.

oog boven het grondvlak. De horizontale lijn door het oogpunt getrokken, geeft den horizon H H′, daar zij de perspectievische afbeelding is van den schijnbaren horizon of gezichteinder.

Op dezen horizon zet men van uit het oogpunt de lengte van de distantie uit, dan is het eindpunt D het distantiepunt, dat voor de constructie van de afbeelding van groote beteekenis is.

Bij het afbeelden in perspectief heeft men nu op de volgende regelen te letten:

1. Rechte lijnen, welke evenwijdig zijn aan elkaar en aan het tafereel, loopen in de afbeelding ook evenwijdig.

2. De afbeelding van een rechte lijn wordt verkregen door haar snijpunt met het tafereel te verbinden met het snijpunt van het tafereel met een rechte lijn uit het oog evenwijdig aan de gegeven lijn getrokken (verdwijnpunt).

3. Rechte lijnen, welke onderling evenwijdig zijn, maar niet evenwijdig aan het tafereel, hebben een gemeenschappelijk verdwijnpunt; zij loopen dus naar eenzelfde punt (vergaarpunt).

4. Rechte lijnen, welke rechthoekig op het tafereel staan, hebben haar vergaarpunt in het oogpunt.

5. Rechte lijnen, welke hoeken maken van 45 graden met het tafereel, hebben een verdwijnpunt, dat in den horizon gelegen is op een afstand van het oogpunt gelijk aan de distantie. De rechtswijkende lijnen hebben het rechterdistantiepunt tot verdwijnpunt, linkswijkende het linkerdistantiepunt.

6. Horizontale lijnen, welke niet evenwijdig loopen aan het tafereel, hebben haar verdwijnpunt in den horizon. Maken zij met het tafereel een hoek van α°, dan

is het verdwijnpunt te vinden door in het oogpunt P loodrecht op den horizon de grootte der distantie uit te zetten en van dit eindpunt een lijn te trekken, welke een hoek α met den horizon maakt; het snijpunt met den horizon is dan het verdwijnpunt.

7. De perspectieven van gelijke stukken in dezelfde vertikaal of van gelijke figuren in hetzelfde platte vlak evenwijdig aan het tafereel gelegen, zijn gelijk.

8. Hellende lijnen, die naar beneden wijken, hebben haar verdwijnpunt beneden den horizon, die naar boven wijken, boven den horizon.

Voor de constructie der afbeelding denkt men zich nu het grondvlak om de grondlijn naar onderen tot in het vlak van het tafereel omgeslagen (zie de figuur). Men teekent bovenaan op het tafereel (vlak van teekening) een horizon, waarin men het oogpunt P aanneemt. Is de distantie gegeven, dan zijn de distantiepunten aan beide zijden van het oogpunt op den horizon bepaald. Een grondlijn ligt nu zoover beneden den horizon, als de hoogte van dezen boven den grond bedraagt.

De ligging van een punt a′ in het grondvlak is bepaald,wanneer men weet, hoever dit punt links of rechts van het oog en hoever het achter het tafereel ligt, als dus de afstanden a′b en bd bekend zijn. De constructie van de perspectief van het punt a′ geschiedt nu met behulp van regel 5. Lijn a′c, welke een hoek van 45 graden met de grondlijn maakt, heeft haar perspectief volgens cD, welke ook de perspectief van het punt a′ moet bevatten, de loodlijn a′b heeft haar perspectief gaande door het oogpunt, zoodat het snijpunt van de beide perspectieven c D en P b of A′ de perspectief is van het punt a′.

Om nu de perspectief van een willekeurig punt a boven het grondvlak te bepalen, bepaalt men eerst de perspectief A′ van de grondperspectief a′ van het punt. De vertikale lijn AB door dit perspectievisch punt in het tafereel getrokken, geeft dan de perspectief aan van de projectielijn aa″ op het tafereel, welke perspectief door het oogpunt gaat, dan is het snijpunt A van beide perspectieven A′B en a″P het gevraagde punt.

De constructie van het punt A geschiedt op het vlak van teekening dus geheel volgens figuur 2.

Om de voorwerpen goed te kunnen overzien, moet de afstand van het oog tot het voorwerp niet te klein zijn en minstens 2 à 3 maal de grootste afmeting van het voorwerp zijn, waaruit volgt, dat voor een perspectievische afbeelding de distantie ook 2 à 3 maal de grootste afmeting van het afgebeelde voorwerp moet bedragen.

Teekeningen, teekens en algemeene aanduidingen.

Litteratuur.

M. H. A. J. van Meurs. Aanwijzing bij het topographisch teekenen en lezen van gedrukte kaarten. Broese & Co. te Breda.
G. J. Harterink en Chr. v. d. Steen. Het machineteekenen. In 3 deelen.
H. J. Rutters. De grondbeginselen van het machineteekenen. Deel I en II. Tjeenk Willink, Haarlem.
F. C. van der Togt. Het werktuigkundig teekenen voor den metaalbewerker en den leerling in het machinevak
N. A. Imelman. Practische Handleiding voor het Machineteekenen. Æ. E. Kluwer, Deventer.

Uitvoering en kleuring van teekeningen.

Kleuren en kleurcombinaties. (fig. 1).

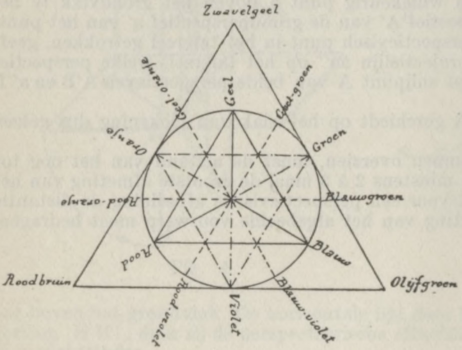


Fig. 1.

——————— grondkleuren.
— . — afgeleide kleuren.
— — — tusschenkleuren.

Uit de hoofdkleuren blauw, rood en geel zijn de andere tusschengelegen kleuren afgeleid. Zoo geeft menging van rood en blauw het violet, van blauw en geel het groen, enz. Evenzoo geven de kleuren violet en oranje het roodbruin, groen en violet het olijfgroen, enz.

De indruk van geel staat tot die van rood en blauw als 8 : 5 : 3, zoodat de verhoudingen van vakken, die aldus gekleurd zijn, moeten wezen als 3 : 5 : 8 of bij groen en rood als 11 : 5 of bij geel en violet als 8 : 8. De in figuur 1 tegenover elkaar liggende kleuren zijn elkaars complementaire kleuren en zullen het best bij elkaar passen, aldus :

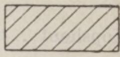
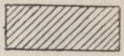
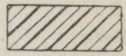
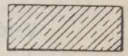
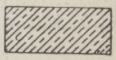
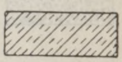
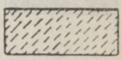
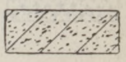
geel met violet,
blauw ,, oranje. enz.

De figuur geeft tevens het middel om de complementaire kleur van een gegeven kleur te ontleden in twee andere bijpassende kleuren, mits deze kleuren binnen de tegenovergestelde cirkelhelft liggen, aldus:

groen met rood-oranje en rood-violet, enz.

Technische arceeringen. *)

(Gebruikelijk aan de Technische Hoogeschool te Delft.)

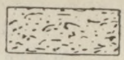
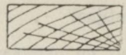
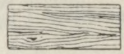
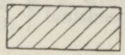
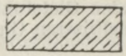
Materiaal.	Kleur.	Arceering.
Gietijzer	Neutraal	
Smeedijzer { Welijzer . . . Smeltijzer . . .	Pruisisch Blauw	
Smeedstaal { Welstaal . . . Smeltstaal . . .	Chroomgroen	
Stalen Gietstukken . . . . } Smeltijzeren Gietstukken . . }	Paars	
Brons	Chromaatgeel No. 3	
Messing	Chromaatgeel No. 2 . . .	
Koper	Karmijn	
Wit Metaal . . . . . . } Lood . . . . }	Ultramarijn	
Gummi	Olijfgroen	

*) Aanbevolen wordt hiervoor de aanduidingen te gebruiken, zooals zij voorkomen op de „Standaardbladen" betreffende „Technische Teekeningen" uitgegeven door de „Hoofdcommissie voor de normalisatie in Nederland", welke bladen hieronder zijn opgenomen voor zoover zij definitief vastgesteld waren. Volledigheidshalve volgen hier evenwel de aanduidingen van den vorigen druk van de „Technische Vraagbaak".

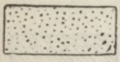
Tevens kan worden medegedeeld, dat de Subcommissie voor normalisatie van dit onderdeel het volgende besloten heeft:

„In het algemeen wordt aanbevolen om op teekeningen, waar zulks voldoende duidelijkheid waarborgt, alle materialen in doorsnede op dezelfde wijze te arceeren en de materiaalsoort in de stuklijst aan te geven."

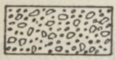
„De schuinte van alle arceeringslijnen op 45° te houden. De ruimte tusschen

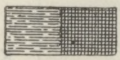
Leder	Sepia . . . . 
Kopshout	Gebrande Sienna . . . . . 
Langshout	Gebrande Sienna . . . . . 
Steen	Indiaansch Rood . . . . . 
Vuurvaste steen	Chromaatgeel No. 1 . . . . 

Verder gebruikelijke bouw- en waterbouwkundige arceeringen.

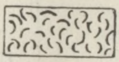
 zand.

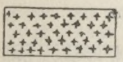
 metselwerk van breuksteen.

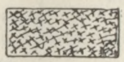
 grint.

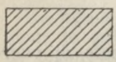
 veen, slik.

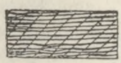
 zwarte grond (klei).

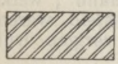
 schelpen.

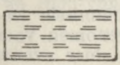
 leem.

 puin, brik, enz.

 metselwerk (algemeen).

 rijshout.

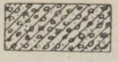
 metselwerk van baksteen.

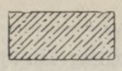
 humus, turf.

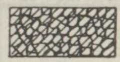
---

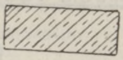
de arceeringslijnen te nemen in verhouding tot de grootte van het te arceeren oppervlak.''

Bovenstaande subcommissie was verder van meening, dat de aanduiding door l ekuren niet voor normalisatie in aanmerking kwam.

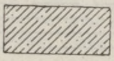

beton.


natuursteen.


metselwerk van breuksteen.

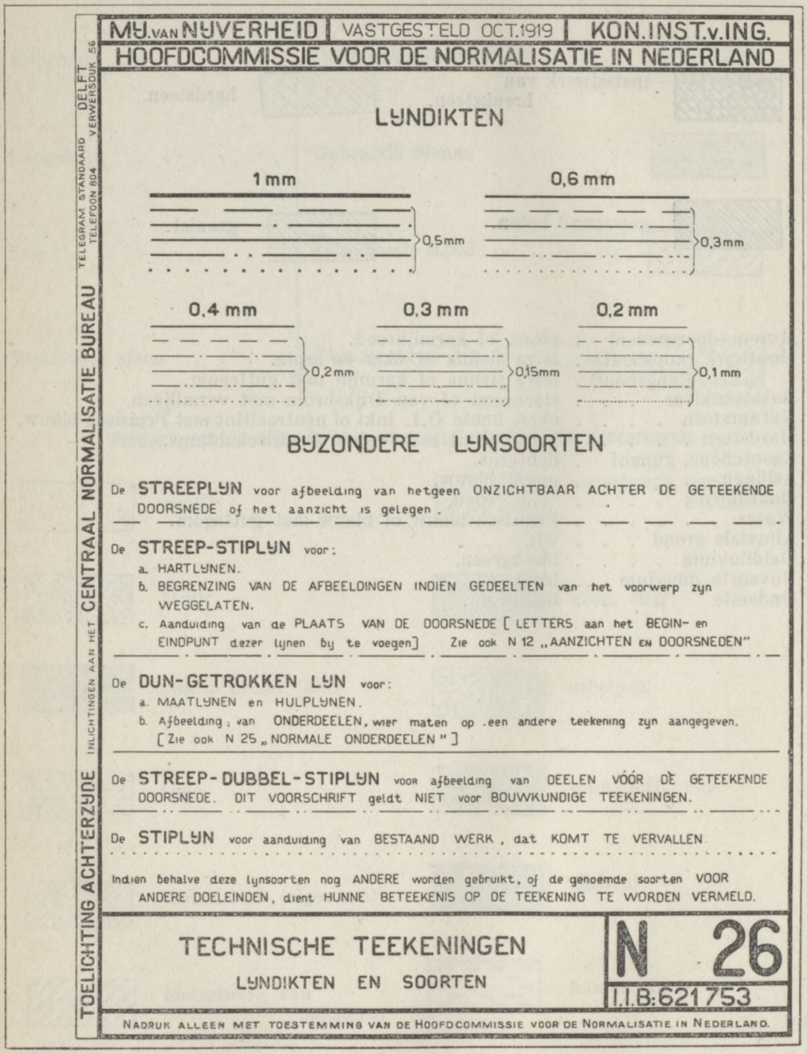

hardsteen.


gewapend beton.


graniet.

Muren (doorsneden) .	zwart of karmijnrood.
Houtwerk (kopshout) .	terra sienna of oker en sepia.
„ (langshout) .	terra sienna of karmijn met guttegom.
Baksteenkleur . . .	steenrood of van Dijksbruin met vermiljoen.
Natuursteen	oker, lichte O.I. inkt of neutraaltint met Pruisisch blauw.
Hardsteen	neutraaltint met weinig Pruisisch blauw.
Caoutchouc, gummi .	lichtgrijs.
Aslijnen	meest blauw.
Maatlijnen	„ rood,
Water	Pruisisch blauw of blauw met guttegom.
Alluviale grond . . .	wit.
Daldiluvium	bleekgroen.
Bovenste diluvium . .	bleekgeel.
Onderste „ . .	lichtbruin.

Gebruikelijke voorstelling van lijnen bij werktuigkundige teekeningen.


MIJ. VAN NIJVERHEID | VASTGESTELD OCT. 1919 | KON. INST. v. ING.

HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

LIJNDIKTEN

1 mm — 0,5 mm

0,6 mm — 0,3 mm

0.4 mm — 0,2 mm

0.3 mm — 0,15 mm

0.2 mm — 0,1 mm

BIJZONDERE LIJNSOORTEN

De STREEPLIJN voor afbeelding van hetgeen ONZICHTBAAR ACHTER DE GETEEKENDE DOORSNEDE of het aanzicht is gelegen.

De STREEP-STIPLIJN voor:
a. HARTLIJNEN.
b. BEGRENZING VAN DE AFBEELDINGEN INDIEN GEDEELTEN van het voorwerp zijn WEGGELATEN.
c. Aanduiding van de PLAATS VAN DE DOORSNEDE [LETTERS aan het BEGIN- en EINDPUNT dezer lijnen bij te voegen] Zie ook N 12 „AANZICHTEN EN DOORSNEDEN"

De DUN-GETROKKEN LIJN voor:
a. MAATLIJNEN en HULPLIJNEN.
b. Afbeelding van ONDERDEELEN, wier maten op een andere teekening zijn aangegeven. [Zie ook N 25 „NORMALE ONDERDEELEN"]

De STREEP-DUBBEL-STIPLIJN voor afbeelding van DEELEN VÓÓR DE GETEEKENDE DOORSNEDE. DIT VOORSCHRIFT geldt NIET voor BOUWKUNDIGE TEEKENINGEN.

De STIPLIJN voor aanduiding van BESTAAND WERK, dat KOMT TE VERVALLEN

Indien behalve deze lijnsoorten nog ANDERE worden gebruikt, of de genoemde soorten VOOR ANDERE DOELEINDEN, dient HUNNE BETEEKENIS OP DE TEEKENING TE WORDEN VERMELD.

TECHNISCHE TEEKENINGEN

LIJNDIKTEN EN SOORTEN

N 26

I.I.B: 621753

NADRUK ALLEEN MET TOESTEMMING VAN DE HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND.

TOELICHTING ACHTERZIJDE INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU TELEGRAM STANDAARD DELFT TELEFOON 804 VERWERSDIJK 56

MY. VAN NIJVERHEID | VASTGESTELD OCT. 1919 | KON. INST. v. ING.

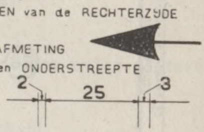
HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

TOELICHTING ACHTERZIJDE — INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU — TELEGRAM STANDAARD TELEFOON 804 — DELFT VERWERSDIJK 56

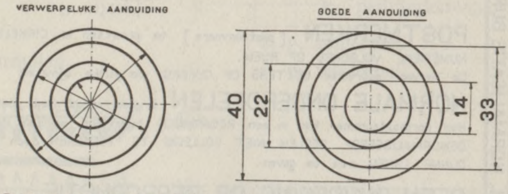
MAATLIJNEN

VORM DER MAATLIJNEN

Deze worden DUN GETROKKEN en NIET ONDERBROKEN.
De CIJFERS NIET TE KLEIN VAN AFMETING.
De GETALLEN BOVEN en EVENWIJDIG AAN DE MAATLIJNEN te plaatsen.
Bij VERTICAAL geplaatste MAATLIJNEN moeten de GETALLEN van de RECHTERZIJDE DER TEEKENING af LEESBAAR zijn.
De PIJLTJES te maken in nevenstaanden vorm en KLEIN VAN AFMETING.
Maten, NIET OP DE AANGEGEVEN SCHAAL GETEEKEND, krijgen ONDERSTREEPTE MAATCIJFERS. Is de MAATLIJN TE KORT, om het getal er boven te plaatsen, dan kan dit geplaatst worden volgens bijgaand voorbeeld.



MAATLIJNEN IN MEERDERE CONCENTRISCHE CIRKELS



AANDUIDING VAN HOOFDAFMETINGEN

De HOOFDMATEN, welke voor het afgebeelde voorwerp KENMERKEND zijn [b.v. as-hoogte, totale lengte, enz.] GOED ZICHTBAAR te plaatsen en door GROOTERE CIJFERS en PIJLPUNTEN van andere maten te onderscheiden. Het verdient aanbeveling, BIJ OFFERTE-TEEKENINGEN de HOOFDMATEN IN EEN TABEL TE VERMELDEN.

OPSCHRIFTEN

PLAATS VAN TITEL, NUMMER EN FIRMANAAM

Het NUMMER in GROOTE CIJFERS OF LETTERS te vermelden RECHTS ONDERAAN.
Voor ARCHIEFTEEKENINGEN dit NUMMER te HERHALEN op de RECHTER ONDERZIJDE AAN DEN ACHTERKANT der teekening. De FIRMANAAM [naam van de instelling of het bureau, waarvan de teekening uitgaat] en de titel [verkort] van de teekening moeten BIJ HET NUMMER op de VOORZIJDE te vinden zijn, OOK AL WORDEN DEZE NOG OP EEN ANDERE PLAATS VERMELD. [Zie opmerking 1 achterzijde]

Voor de verdere inrichting der opschriften zullen vaksgewijs voorschriften worden gegeven.

TECHNISCHE TEEKENINGEN
MAATLIJNEN — OPSCHRIFTEN

N 24

I.I.B: 621 753

Het toepassen van niet onderbroken maatlijnen wordt aanbevolen voornamelijk met het oog op arbeidsbesparing bij het teekenen.

Het plaatsen der maten tusschen de onderbroken maatlijnen geeft bovendien bij meerdere dicht bijeen liggende maten aanleiding tot verwarring.

Voor het plaatsen van aanwijzigingen (nummer, firmanaam, enz.) op één plaats is de rechter onderhoek de meest aangewezene.

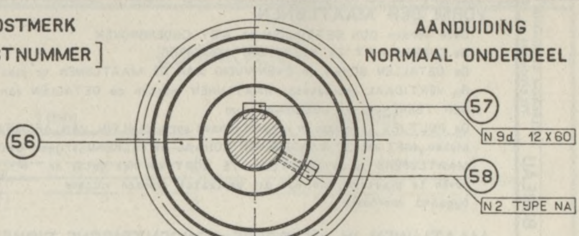
TOELICHTING ACHTERZIJDE — INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU — TELEGRAM STANDAARD DELFT — TELEFOON 804 VERWERSDIJK 56

MIJ. VAN NIJVERHEID	VASTGESTELD OCT: 1919	KON. INST. v. ING.

HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

POSTMERK [POSTNUMMER]

AANDUIDING NORMAAL ONDERDEEL

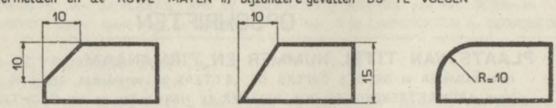


POSTMERKEN [postnummers] te plaatsen in CIRKELS en ZOO MOGELIJK in NUMERIEKE VOLGORDE OP RIJEN.
De hiervoor gebruikte LETTERS OF CIJFERS van flinke afmeting

NORMALE ONDERDEELEN krijgen altijd een postnummer
Hun normaalnummer kan in een RECHTHOEK bijgevoegd worden. Het is wenschelijk GENORMALISEERDE DEELEN NIET VOLLEDIG TE TEEKENEN, doch de omtrekken ervan in DUNNE LIJNEN aan te geven

GEEN BIJVOEGING OP REPRODUCTIE. Alle teekeningen voor vermenigvuldiging indien EENIGSZINS MOGELIJK zoodanig uit te voeren dat OP DE REPRODUCTIES NIETS MEER BEHOEFT TE WORDEN BIJGEVOEGD.

RUWE EN SCHOONE MATEN Steeds de SCHOONE [blijvende] MATEN te vermelden en de RUWE MATEN in bijzondere gevallen BIJ TE VOEGEN



AFSCHUINING EN AFRONDING. Bij het aangeven van SCHUINTEN de OVERHOEKSCHE MATEN te vermelden. In gevallen waar zulks met het oog op het te gebruiken gereedschap WENSCHELIJK is, de helling in GRADEN BIJ TE VOEGEN

AANDUIDING MATERIAALEISCHEN. In geval onderdeelen aan SPECIALE KEURINGSEISCHEN zijn onderworpen om hun POSTMERK een TWEEDE CONCENTRISCHE CIRKEL te plaatsen
De EISCHEN ZELF in de STUKLIJST te vermelden

TECHNISCHE TEEKENINGEN
POSTMERKEN, NORMALE ONDERDEELEN, AFSCHUINING EN AFRONDING, AANDUIDING MATERIAALEISCHEN

N 25
I.I.B: 621 753

Topografische en waterbouwkundige aanduidingen.

〉 keersluis.

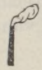
〉〉 schutsluis naar één zijde (met één deur) keerende.

〈〉〉 „ „ beide zijden keerende (aan de rechtsche zijde met twee deuren, waarvan één stormdeur.

)(of ╳ uitwateringssluis.

 vaste stuw.

o—o grondduiker.

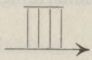
 of  stoomgemaal.

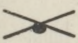
o><o „ met afsluiting.

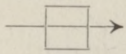
═ duiker.

 molen door water gedreven.

 windwatermolen m. scheprad

 peilschaal.

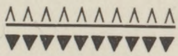
 „ „ vijzel.

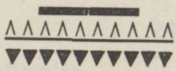
 peilmerksteen.

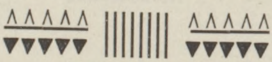
 kleine watermolen.

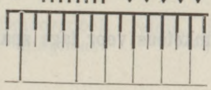
z. p. zomerpeil.

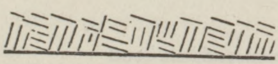
w. p. winterpeil.

 dijk.

 dijk gedeeltelijk kunstmatig verdedigd.

 overlaat.

 talud of glooiing.

 doorsnede over het terrein.

Teekens en kleuraanduidingen bij verwarmingsinstallaties.

Versche, niet voorgewarmde lucht . . . . helgroen.
Voorgewarmde lucht, verwarmingskamers voor voorgewarmde lucht karmijnrood.
Gemengde (koude en voorgewarmde) lucht . . . , ... geel.
Afgevoerde lucht . . . . blauw.
Circuleerende lucht . . . . violet.
Constructiedeelen van ijzer als ketels, deuren, trappen, machinedeelen, ventilatoren, kleppen, condensatiepotten, expansievaten, enz. worden geteekend met blauwe lijnen.
Verwarmingslichamen voor stoom krijgen behalve een blauwe begrenzing, een groene vulling.
Idem voor warmwater, blauwe vulling.
Idem met versche-luchttoevoer, gele vulling.
Buisleidingen voor laagdrukstoom worden aangeduid in . . . oranje,
Idem voor hoogdrukstoom . . . „ „ „ . . . karmijnrood.
Idem voor condensatiewater . . „ „ „ . . . donkergroen.
Aanvoerleidingen voor warmwater „ „ „ . . . vermiljoenrood.

Terugleidingen voor warmwater worden aangeduid in . . . blauw.
Luchtleidingen (voor ontluchting) „ „ „ . . . blauw.
Koudwaterleidingen . . . . „ „ „ . . . violet.
Overloopen . . . . „ „ „ . . . bruin.

Teekens en letters gebruikelijk bij electrische sterkstroominstallaties

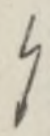
en vastgesteld door de Vakafdeeling voor Electrotechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 3e druk 1914.

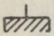
(Zie ook Electr. Techn. Zeit. 1907, blz. 888 en De Ingenieur 1909 blz. 943).

Bijlagen R_1 en R_2 van het blijvend gedeelte van het Jaarboekje van het Kon. Inst. van Ingenieurs.

Grondteekens.	Voorbeelden van afgeleide teekens.

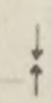
Bescherming tegen aanraking.


Bliksempijl.


Verbinding met de aarde.

(a) Bescherming door verbinding met de aarde.
(m) Metallisch geleidende bescherming.
(i) Isoleerende bescherming.

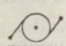
Optreden van hooge spanning in stroomketens voor lage spanning.

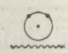

Spanningsveiligheid, bliksemafleider.

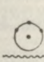
Electrische machines

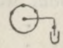

Dynamo of electromotor.

Met veldwikkeling:


Gelijkstroom-machine, motor.

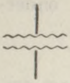

Wisselstroom-machine, motor.

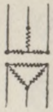

Draaistroom-macihine, motor.

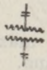

Draaistroommotor met vloeistof-aanzetweerstand.

Grondteekens.	Voorbeelden van afgeleide teekens.

Transformatoren.

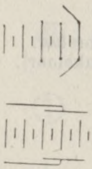

Transformator.


Draaistroom-transformator, (De eene wikkeling in ster-schakeling, de andere wikkeling in driehoek-schakeling).

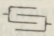

Eenphase-transformator.

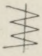
Accumulatoren.


Accumulatoren.

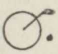

Accumulatoren met dubbelcellenschakelaar.

Condensatoren, enz.

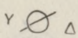

Condensator.


Smoorspoel, relais, blaasmagneet

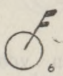
Schakelaars.


Doos-uitschakelaar met aanduiding der daarop aangegeven stroomsterkte.

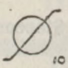

Hefboom-uitschakelaar.



Ster-driehoekschakelaar.



Twee-polige doosuitschakelaar voor 6 ampère.

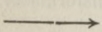


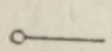
Enkel-polige doosomschakelaar voor 10 ampère.

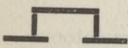


Driepolige hefboom-schakelaar met isoleerende schutkast.

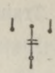
Grondteekens.

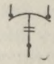

Grondteeken voor maximum-uitschakeling.

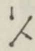

Idem voor minimum-uitschakeling.

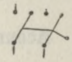

Leidingonderbreker. (Spanningschakelaar).

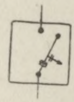
Voorbeelden van afgeleide teekens.

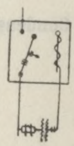

Tweepolige hefboom-omschakelaar met onderbreking.


Tweepolige hefboom-omschakelaar zonder onderbreking.


Enkelpolige maximum-uitschakelaar.

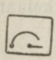

Tweepolige minimum-uitschakelaar.

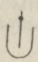

Driepolige olieschakelaar met tweepolige maximum-uitschakeling.

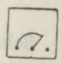

Driepolige olieschakelaar met tweepolige maximum-uitschakeling en met een minimum-uitschakelspoel, gevoed door een transformator.

Weerstanden.


Niet regelbare weerstand, verwarmingstoestel.


Regelbare weerstand.

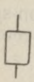

Bijzonder teeken voor vloeistofweerstand.

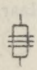

Regelbare weerstand met kortsluitingscontact.

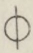
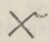
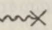
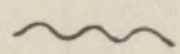
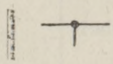
Stopcontacten e.d.


Stopcontact, e. d.

Stroomveiligheden.


Veiligheid.


Driepolige veiligheid.

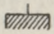
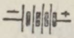
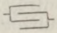
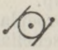
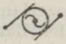
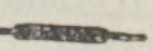
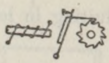
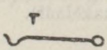
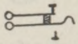
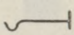
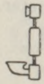
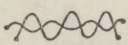
Grondteekens.		Voorbeelden van afgeleide teekens.	
Meetinstrumenten.			
○	Meetinstrument.	Ⓐ	Ampèremeter.
		Ⓥ	Voltmeter.
		Ⓦ	Wattmeter.
		Ⓜ	Watturenmeter.
		Ⓟ	Phasenmeter.
		Ⓘ	Isolatiemeter.
			Stroomrichtingsaanwijzer.
Lampen en toebehooren.			
			Vaste houder met sleutel en gloeilamp.
			Verplaatsbare houder met gloeilamp.
×	Vaste houder met gloeilamp.	⊗ 4	Kroon of wandarm met aanduiding van het aantal lampen. (4)
		 6	Booglamp of soortgelijke lichtbron van grootere sterkte met aanduiding der stroomsterkte.
Leidingen.			
▬▬▬	Leiding.		Drie leidingen.
B. C.	Blanke koperdraad.		
C. A.	Gummiader-leiding.		Tweepolige verzamelrails.
S. G. A.	Speciaal-gummiader-leiding.		
P. A.	Pantser-ader.	— · — · — · —	Meervoudige leiding.
R, A.	Pijpdraad.		Beweegbare leiding.
S. A.	Gummiader-snoer.		
F. A.	Ornament-leiding.		Aansluiting.
P. L.	Ontlaste snoer.		

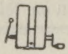
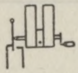
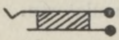
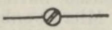
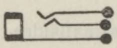
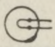
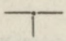
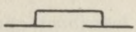
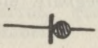
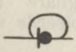
Leidingen.

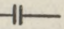
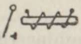
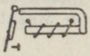
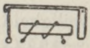
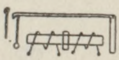
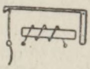
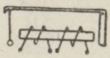
Grondteekens.		Voorbeelden van afgeleide teekens.	
		+	Kruising van leidingen.
			Sleepcontact.
			Van boven komende leiding,
			Van beneden komende leiding.
			Naar bovengaande leiding,
			Naar benedengaande leiding
			Houten mast (paal).
○	Mast.	●	IJzeren mast.
(n)	Vangnet.		
(k. i)	Bevestiging op klokisolatoren		
(r)	Bevestiging op rollen of ringen.		
(k)	Bevestiging op klemmen.		
(o)	Het leggen in buizen.		
	Kabeleindmof.		
K. B.	Blanke loodkabel.		
K. A.	Geasphalteerde loodkabel,		
K. L.	Gearmeerde geasphalteerde loodkabel.		

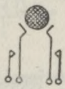
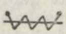
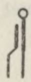
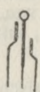
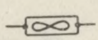
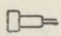
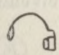
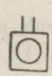
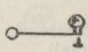
Teekens en letters te gebruiken bij electrische zwakstroominstallaties.

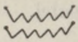
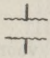
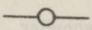
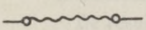
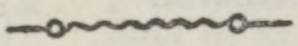
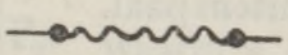
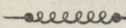
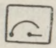
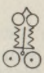
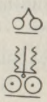
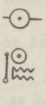
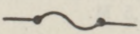
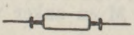
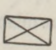
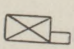
Overgenomen uit een artikel in de Ingenieur van 20 Maart 1915 van A. A. Oosting, (Poging tot) Eenheid in de schema's van telefoon en telegraaf-installaties.

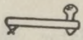
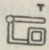
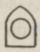
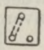
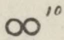
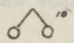
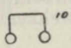
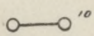
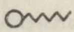
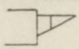
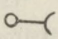
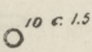
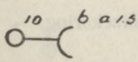
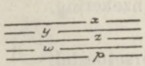
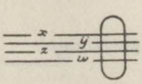
No.	Teeken.	Letter.	Voorwerp.
1		A.	Aarde.
2		Ac.	Accumulatoren.
3		B	Elementen batterij. M.B. Microfoonbatterij. W.B. Wekbatterij. S.B. Schelbatterij. T.B. Telegraafbatterij.
4		bl.	Bliksemafleider.
5		C.	Condensator.
6		g.G.	Gelijkstroomgenerator.
7		w.G.	Wisselstroomgenerator.
8		—	Geluiddemper.
9		—	Gesprekkenteller.
10		—	Beweegbare telefoonhaak.
11		—	Beweegbare telefoonhaak met geïsoleerde veer.
12		—	Vaste telefoonhaak.
13		H.m.T.	Handtelemicrofoon.
14		I.	Inductieklos.

No.	Teeken	Letter.	Voorwerp.
15		In.	Inductor, waarbij in rust de inductor niet is kortgesloten.
16		In.k.	Inductor, waarbij in ruststand de inductor *wel* is kortgesloten.
17		—	Isolatie van eboniet, fiber, enz. tusschen twee geleidende veeren.
18		—	Klemschroef.
19		K.	Klink met twee veeren. R.K. Oproepklink of roepklink, B.K. Beantwoordingsklink. C.K. Contrôleklink. M.K, Multipleklink. O.K. Onderzoekingsklink.
20		L.	Gloeilamp. O.L. Oproeplamp. A.L. Afschellamp. C.L. Contrôlelamp. B.L. Bezetlamp. D.L. Dienstlamp. S.L. Sluitlamp. W.L. Weerstandslamp.
21		—	Leiding.
22		—	Aansluiting in leiding.
23		—	Leidingsonderbreker (spanningsschakelaar).
24		M.	Microfoon.
25		B.M.	Borstmicrofoon.
26		—	Ampèremeter.
		—	Voltmeter.
		—	Wattmeter.

No.	Teeken.	Letter.	Voorwerp.
		—	Watturenmeter.
		—	Isolatiemeter.
27		P.C.	Polarisatiecel.
28		R.	Relais.
29		R.p	Gepolariseerd relais.
30		S.	Signaal met afvallend klepje of uitspringend kokertje, dat met de hand in den rusistand wordt gebracht. O.s. Opschelsignaal. A.s. Afschelsignaal.
31		S.b.	Signaal met dubbele bewikkeling.
32		S.m.	Signaal met mechanische opzetting van het klepje of kokertje, enz,
33		S.a.	Automatisch op- en afschelsignaal.
34		S.d.	Draaiend kleursignaal.
35		S.v.	Verschuivend kleursignaal.
36		—	Roteerende motorschakelaar.
37		—	Terugveerende drukknop (sleutel).

No.	Teeken.	Letter.	Voorwerp.
38		—	Drukknop met rust en werkstand (sleutel).
39		—	Sleutel. W.S. Weksleutel. I.S. Isoleersleutel. C.S. Contrôlesleutel. S.S. Spreeksleutel.
40		—	Gecombineerde spreek- en weksleutel. —➤ spreekstand. — — ➤ wekstand.
41		—	Smeltveiligheid.
42		Smo.	Smoorspoel.
43		St. 2.	Tweedraadsstop.
44		St. 3.	Driedraadsstop.
45		—	Summer.
46		T.	Handtelefoon.
47		h.T.	Hoofdtelefoon.
48		T.t.	Telefoontoestel. Tt. a. Telefoontoestel geschikt voor achter elkander te schakelen. Tt. b. Telefoontoestel geschikt voor parallelschakeling.
49		—	Toets.

No.	Teeken.	Letter.	Voorwerp.
50		Tr.	Translator.
51		Tra.	Transformator.
52		—	Gesoldeerde verbinding.
53	 	h.V. t.V.	Verdeeler. Hoofdverdeeler. Tusschenverdeeler.
54		W.	Weerstandklos.
55		W.b.	Bifilaire weerstandklos.
56		—	Regelbare weerstand.
57		w.W. e.W.	Wisselstroomwekker. Extra-wekker.
58		w.W.p.	Gepolariseerde wisselstroom-wekker.
59		g.W.	Gelijkstroomwekker.
60		—	Grofzekering
61		—	Fijnzekering.
62		M.T.	Morsetoestel.
63		H.T	Hughestoestel.

No.	Teekens.	Letter.	Voorwerp.
64		S.S.	Seinsleutel.
65		So.	Sounder.
66		So.o.	Sounder voor overdraging.
67		G.	Galvanometer.
68		Wi.	Wisselarm.
69		—	Houten paal.
70		—	IJzeren paal.
71		—	Dubbele paal van 10 M.
72		—	Bokpaal van 10 M.
73		—	Jukpaal van 10 M.
74		—	Overspanning met palen van 10 M.
75		—	Paal met tuidraad.
76		—	Console aan huis.
77		—	Paal met schoor.
78		—	Paal 10 M met ankerhout van 1,5 M.
79		—	Paal van 10 M met schoor van 6 M en anker van 1,5 M.
80		—	Bovengrondsche geleidingen.
81		—	Kabel.

Mechanica.

Litteratuur.

F. J. Vaes. Graphostatica, Æ. E. Kluwer, Deventer.
Deel I. Samenstellen en Ontbinden van krachten.
„ II. Zwaartepunten.
„ III. Vastheidsleer.
„ IV. Wrijving.
„ V. Traagheidsmomenten.

Statica.

Samenstelling en ontbinding van krachten.

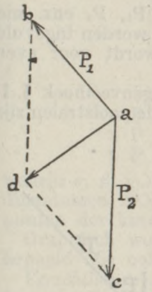


Fig. 1.

De resultante van twee krachten groot P_1 en P_2 (fig. 1) wordt in grootte en in richting voorgesteld door de diagonaal van het parallellogram door de krachten P_1 en P_2 als zijden gevormd en heeft de waarde:

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2\,P_1P_2 \cos \alpha}$$

waarin α de hoek tusschen beide krachten.

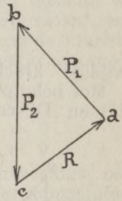


Fig. 2.

De krachten P_1, P_2 en R laten zich tot een krachtendriehoek (fig. 2) samenstellen, waarin de zijden a b en b c in grootte en richting gelijk aan de krachten P_1 en P_2 worden voorgesteld en de derde zijde in grootte en tegengestelde richting de resultante R der beide krachten aangeeft.

De resultante van *meerdere in één punt werkende* krachten (fig. 3) wordt in richting en grootte voorgesteld door de verbindingslijn van het aangrijpingspunt met het eindpunt van een open polygoon, hetwelk in dit aangrijpingspunt begint en waarvan de zijden achtereenvolgens in richting en grootte met de verschillende krachten overeenkomen. In de figuur is a e = R.

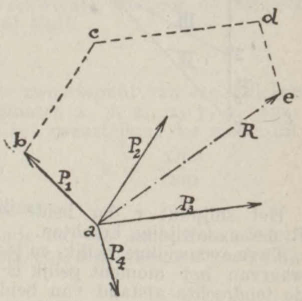


Fig. 3.

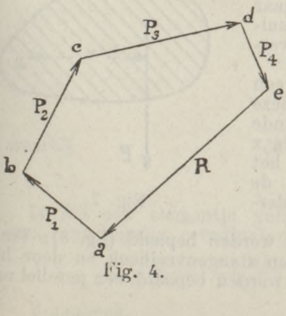


Fig. 4.

De krachten P_1, P_2, P_3, P_4 en R laten zich tot een krachtenveelhoek (fig. 4) samenstellen, waarvan de zijden a b, b c, c d en d e in richting en grootte gelijk zijn aan de krachten P_1, P_2, P_3 en P_4 en de 5de zijde a e = R de grootte van de resultante in tegengestelde richting voorstelt.

De grootte van de resultante van *evenwijdige* krachten is gelijk aan de algebraïsche som der krachten (fig. 5). De ligging van het aangrijpingspunt vindt men uit

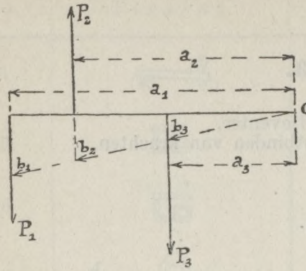


Fig. 5.

$$a = \frac{P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + \text{--}}{P_1 + P_2 + P_3 + \text{--}} = \frac{\Sigma P a}{\Sigma P} = \frac{\Sigma P a}{R}$$

$$b = \frac{P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 + \text{--}}{P_1 + P_2 + P_3 + \text{--}} = \frac{\Sigma P b}{\Sigma P} = \frac{\Sigma P b}{R}$$

waarin de waarden van P_1, P_2 enz. met haar eigen teeken moeten worden ingevuld.

De krachtenveelhoek wordt voor evenwijdige krachten een rechte lijn (fig. 6).

Met behulp van een willekeurig poolpunt p kan men een stangenveelhoek I, II, III en IV construeeren, waarvan de stangen evenwijdig aan de poolstralen zijn.

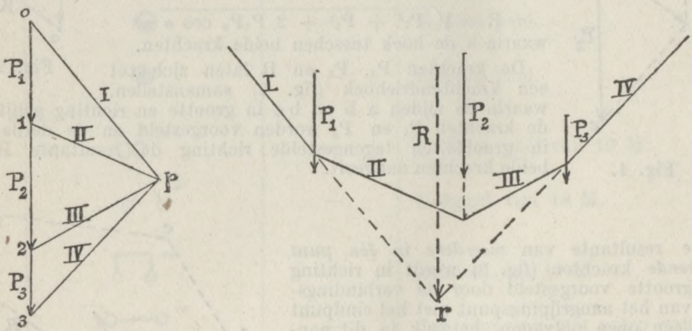


Fig. 6.

Het snijpunt r der beide eindstangen I en IV is een punt der resultante R der evenwijdige krachten.

Twee evenwijdige, gelijk- en tegengestelde krachten P vormen een *krachtenpaar*, waarvan het moment gelijk is aan Pa, waarin a = de loodrechte afstand van beide krachten.

Willekeurige krachten kan men gezamenlijk naar één aangrijpingspunt verplaatsen en tot een resultante R en een resulteerend krachtenpaar K vereenigen.

Staat een kracht P in vaste verbinding met een punt a van een lichaam (fig. 7), dan tracht deze kracht het lichaam te doen draaien om een as gaande door a en loodrecht op het vlak Pa staande. Is x de afstand van het punt a tot de kracht P in het vlak Pa, dan is Px het *statisch* moment van de kracht P. Naar gelang van de draairichting onderscheidt men positieve en negatieve momenten.

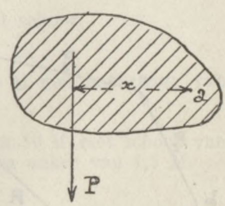


Fig. 7.

Graphisch kan het statisch moment als volgt worden bepaald (fig. 8): Trekt men voor de kracht P_1 de zijden I en II van den stangenveelhoek en door het punt O, ten opzichte waarvan het moment moet worden bepaald, een parallel aan

de gegeven kracht, dan snijden de stangen I en II van deze parallel een stuk $\overline{ab}$ af. Uit de gelijkvormigheid der driehoeken 1ab en po1 volgt:

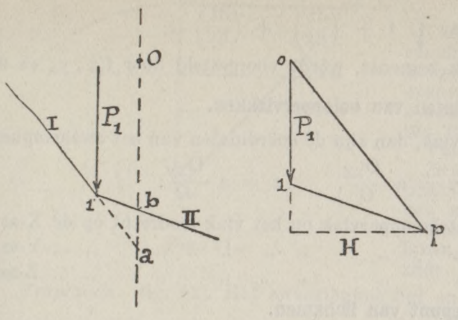


Fig. 8.

$$x_1 : \overline{ab} = H : P_1$$

of

$$P_1 x_1 = ab \cdot H.$$

Voor den poolafstand 1 is dus het statisch moment voor de kracht P_1 gelijk aan ab.

Evenwicht van krachten.

Verschillende krachten P in de ruimte op een lichaam werkende zijn in evenwicht, wanneer de resulteerende kracht R en het resulteerend krachtenpaar gelijk nul zijn of:

$$\Sigma P \cos \alpha = X = 0 \qquad \Sigma P (y \cos \gamma - z \cos \beta) = 0$$
$$\Sigma P \cos \beta = Y = 0 \qquad \Sigma P (z \cos \alpha - x \cos \gamma) = 0$$
$$\Sigma P \cos \gamma = Z = 0 \qquad \Sigma P (x \cos \beta - y \cos \alpha) = 0$$

waarin α, β, γ de hoeken zijn, welke de krachten P met de rechthoekige coördinaatassen OX, OY en OZ vormen en x, y, z de coördinaten der aangrijpingspunten der krachten voorstellen.

Graphisch wordt het evenwicht van krachten door de volgende voorwaarden bepaald (zie ook fig. 4):

Verschillende krachten met eenzelfde aangrijpingspunt zijn in evenwicht, wanneer deze krachten een gesloten krachtenveelhoek vormen. Elk der zijden van dezen krachtenveelhoek kan dan worden beschouwd als de resultante van de andere krachten; evenwel is de richting dezer resultante omgekeerd.

Verschillende *evenwijdige* krachten zijn in evenwicht, wanneer de uit deze krachten geconstrueerde stangenveelhoek (fig. 6) sluit.

Zwaartepunt.

Zijn x, y en z de coördinaten van het gezochte zwaartepunt van een willekeurig systeem van stoffelijke punten met de coördinaten $x_1\ y_1\ z_1$, $x_2\ y_2\ z_2$ enz. en met de massa's m_1, m_2, m_3, enz. zoo vindt men het zwaartepunt der massa uit:

$$x = \frac{\Sigma mx}{\Sigma m} \qquad y = \frac{\Sigma my}{\Sigma m} \qquad z = \frac{\Sigma mz}{\Sigma m}$$

Zwaartepunt van lijnen.

Beschouwt men een willekeurige lijn, bestaande uit een aaneenschakeling van elementen ds met de coördinaten x_1, $y_1\ z_1$, x_2, $y_2\ z_2$, enz. dan worden de coördinaten van het zwaartepunt voorgesteld door:

$$x = \frac{\Sigma xds}{s}$$

$$y = \frac{\Sigma yds}{s}$$

$$z = \frac{\Sigma zds}{s}$$

waarbij
$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}.$$

Zwaartepunt van vlakken.

Is dO een elementje van het oppervlak met de ordinaten $x_1\ y_1\ z_1$, $x_2\ y_2\ z_2$, enz., dan worden coördinaten van het zwaartepunt voorgesteld door:

$$x = \frac{\Sigma xdO}{O}, \qquad y = \frac{\Sigma ydO}{O}, \qquad z = \frac{\Sigma zdO}{O},$$

waarbij $dO = r dr d\theta$, waarin r en θ de poolcoördinaten

of $$dO = dx dy \sqrt{1 + \left(\frac{df}{dx}\right)^2 + \left(\frac{df}{dy}\right)^2}$$

wanneer de lijn, welke het vlak begrenst, wordt voorgesteld door $f(x . y) = 0$.

Zwaartepunten van boloppervlakken.

Is a de straal van het boloppervlak, dan zijn de coördinaten van het zwaartepunt

$$x = a \frac{O_{yz}}{O} \qquad y = a \frac{O_{xz}}{O}, \qquad z = a \frac{O_{xy}}{O},$$

waarin: O_{yz} de projectie van het boloppervlak op het vlak loodrecht op de X-as,
O_{xz} „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ Y-as,
O_{xy} „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ Z-as,

Zwaartepunt van lichamen.

Is dV het volumedeeltje van een willekeurig lichaam met de coördinaten (x, y, z), dan worden de coördinaten van het zwaartepunt voorgesteld door:

$$x = \frac{\Sigma x dV}{V},$$

$$y = \frac{\Sigma y dV}{V},$$

$$z = \frac{\Sigma z dV}{V},$$

waarbij $$dV = \begin{Bmatrix} dz\ dr\ r\ d\theta \\ dy\ dr\ r\ d\theta \\ dx\ dr\ r\ d\theta \end{Bmatrix}$$

waarin r en θ de poolcoördinaten van de projectie van het elementje op een vlak loodrecht op de Z-, Y- of X-as.

Zwaartepunt van veel voorkomende lijnen, vlakken of lichamen.

Lijnen.

Driehoeksomtrek (fig.9). Het zwaartepunt is het middelpunt van den ingeschreven cirkel van den driehoek, welks hoekpunten op het midden der zijden van den oorspronkelijken driehoek liggen.

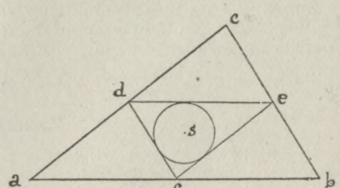


Fig. 9.

Halve omtrek van een regelmatigen veelhoek (fig. 10).

$$ms = \frac{r \times ae}{ab + bc + cd + de}$$

Constructie: Trek in c een parallel c f aan a e en c f = $\frac{1}{2}$ (a b + b c + c d + d e).

Verbind m met f en trek door e een parallel eg aan mc, dan zal de lijn door g evenwijdig aan ae getrokken de as mc snijden in het zwaartepunt s.

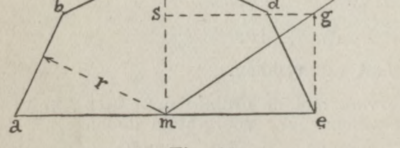


Fig. 10.

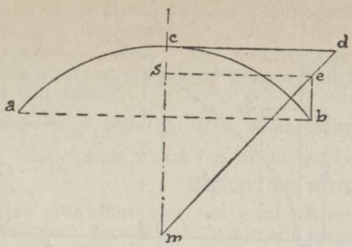


Fig. 11.

Cirkelboog (fig. 11).

$$ms = \frac{r \times \text{koorde ab}}{\text{boog ab}}.$$

Constructie. Trek de aslijn mc en de raaklijn in c. Maak cd gelijk aan de booglengte cb; trek md en door b de evenwijdige lijn aan mc. De lijn door e evenwijdig aan a b getrokken snijdt mc in het zwaartepunt s.

Vlakken.

Driehoek. Het zwaartepunt is het snijpunt der lijnen uit de hoekpunten naar het midden der overstaande zijden getrokken en ligt op $^1/_3$ van ieder dezer lijnen, gerekend van de overeenkomstige zijde.

Trapezium. (fig. 12). Het zwaartepunt ligt op een afstand tot AB gelijk aan:

$$^1/_3 \; \frac{a + 2\,b}{a + b}\; h.$$

en tot CD gelijk aan

$$^1/_3 \; \frac{2\,a + b}{a + b}\; h.$$

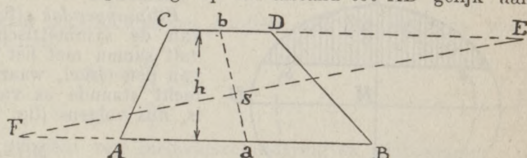


Fig. 12.

Constructie : Verleng CD met een stuk DE = AB en BA met een stuk AF = CD. Verbind E met F, dan is het snijpunt s van deze lijn met de lijn, welke de middens der evenwijdige zijden verbindt, het gevraagde zwaartepunt.

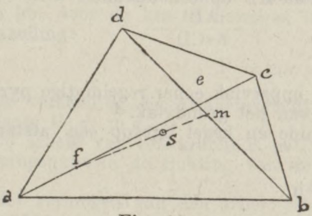


Fig. 13.

Willekeurige vierhoek (fig. 13). Maak $\overline{af} = \overline{ce}$ en $\overline{dm} = \overline{mb}$. Verbind de punten m en f, dan ligt het zwaartepunt s op deze lijn op een afstand $\overline{ms} = {}^1/_3\,\overline{mf}$.

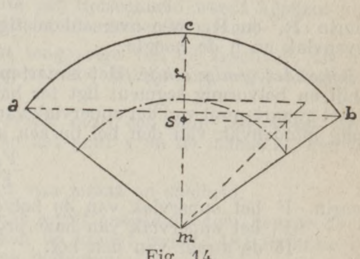


Fig. 14.

Cirkelsector (fig. 14). Het zwaartepunt ligt van het mid delpunt op $^2/_3$ van den afstand van het zwaartepunt van den cirkelboog, of

$$ms = {}^2/_3\, r\, \frac{\text{koorde ab.}}{\text{boog ab}}$$

Zie voor constructie fig. 11.

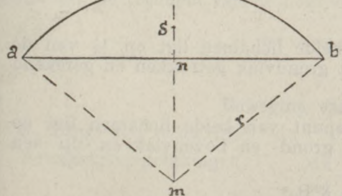


Fig. 15.

Cirkelsegment (fig. 15). Het zwaartepunt ligt van het middelpuntop een afstand

$$\overline{m\,s} = \frac{\overline{ab}^3}{12O},$$ waarin $\overline{ab}$ de lengte van de koorde ab en O het oppervlak van het segment.

Benaderend is de afstand ns van het zwaartepunt tot de koorde ab gelijk aan $^2/_5$ van de pijlhoogte te nemen.

Paraboloppervlak (fig. 16). Voor het zwaartepunt S_1 van het oppervlak tusschen de parabool en de X-as geldt:

$$x_1 = {}^3/_5\ x$$
$$y_1 = {}^3/_8\ y$$

en voor het zwaartepunt S_2 van het oppervlak tusschen de parabool en de Y-as geldt:

$$x_2 = {}^3/_{10}\ x$$
$$y_2 = {}^3/_4\ y$$

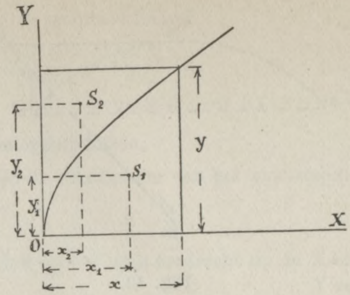


Fig. 16.

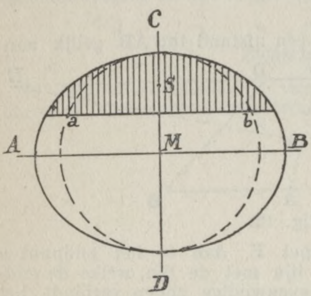


Fig. 17.

Ellipsoppervlak (fig. 17). Het zwaartepunt van de symmetrische snede van een ellips valt samen met het zwaartepunt van de snede van den cirkel, waarvan de op de snede loodrecht staande as van de ellips de middellijn is, dus volgens (fig. 17)

$$MS = \frac{\overline{ab^3}}{12O}$$

Het zwaartepunt van de halve ellips ABC ligt van de as AB op een afstand

$$\frac{AB^2}{6\pi CD}$$

Pyramide en kegel. Het zwaartepunt van het oppervlak eener regelmatige pyramide en kegel ligt op $^1/_3$ van de as, gerekend van het grondvlak.

Het zwaartepunt van een afgeknotte pyramide en kegel ligt op een afstand van het grondvlak gelijk aan

$$^1/_3\ \frac{R_1 + 2\ R_2}{R_1 + R_2}\ h$$

waarin R_1 en R_2 twee overeenkomstige zijden of wel de stralen van grond- en bovenvlak en h de hoogte.

Bol en bolvormige schijf. Het zwaartepunt van het oppervlak van een bolvormige schijf en bolvormig segment ligt ter halver hoogte van de schijf of het segment.

Het zwaartepunt van het oppervlak van een willekeurige figuur op den bol ligt van eenig middenvak van den bol op een afstand

$$\frac{F_1}{F}\ R$$

waarin F het oppervlak van de bolvormige figuur,
F_1 het oppervlak van haar projectie op het middenvlak en
R de straal van den bol.

Lichamen.

Pyramide en kegel. Het zwaartepunt van beide lichamen ligt op ¼ van de lijn uit den top naar het zwaartepunt van het grondvlak getrokken en gerekend vanaf dit grondvlak.

Afgeknotte pyramide en kegel. Het zwaartepunt van beide lichamen ligt op de verbindingslijn van de zwaartepunten van grond- en bovenvlak en op een afstand van het grondvlak gelijk aan:

$$\frac{h}{4}\ \frac{R^2 + 2\,R\,R_1 + 3\ R_1^2}{R^2 + R\,R_1 + R_1^2}$$

waarin R en R_1 de twee overeenkomstige zijden of stralen van grond- en bovenvlak en h de hoogte.

Bolvormige sector. Het zwaartepunt ligt op een afstand $^3/_8$ (2R—h) van het middelpunt, waarbij h de hoogte van het bolvormig segment, dat deel uitmaakt van den sector.

Bolvormig segment. Het zwaartepunt ligt op een afstand $^3/_4 \frac{(2R-h)^2}{3R-h}$ van het middelpunt, waarbij h de hoogte van het segment.

Beginsel der virtueele verplaatsingen.

Het evenwicht van een puntenstelsel, waarop verschillende krachten werken, is daardoor bepaald, dat voor alle mogelijke virtueele verplaatsingen de som van den virtueelen arbeid der krachten gelijk nul is of

$$\Sigma (X \delta x + Y \delta y + Z \delta z) = 0;$$

waarin δx, δy en δz de virtueele coördinaatveranderingen der aangrijpingspunten van de krachten.

Dynamica.

De snelheid v in een zeker oogenblik is het quotiënt van het afgelegde weg- en tijdelement in dat oogenblik

$$v = \frac{ds}{dt}$$

Eenparige beweging $v = \frac{s}{t}$

De versnelling a is het quotiënt van snelheidsverandering en tijdtoename

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

De grootte van een kracht wordt gemeten door het product van de massa van het door de kracht bewogen lichaam en de aan dit lichaam medegedeelde versnelling:

$$P = ma = m\frac{dv}{dt} = m\frac{d^2s}{dt^2}.$$

De versnelling der zwaartekracht = g zijnde, wordt het gewicht van een lichaam G = m g.

De arbeid van een kracht is het product van de kracht en den door het aangrijpingspunt in de richting van de kracht afgelegden weg:

$$A = Pl.$$

Het vermogen van den arbeid of de arbeid per tijdseenheid wordt afgeleid uit het product van kracht en snelheid (eenheid = sec. meter-kilogram).

Arbeidsvermogen van plaats bezit een punt tengevolge van de kracht P, die er op werkt. Kan het punt onder de werking van die kracht een weg l afleggen, dan is het arbeidsvermogen van plaats Pl.

Arbeidsvermogen van beweging of levende kracht bezit een punt tengevolge van de snelheid, die het bezit. Is de snelheid van het punt v en de massa m, dan is dit arbeidsvermogen $^1/_2 mv^2$.

De *hoeveelheid van beweging* is het product van massa en snelheid.

De *bewegingsstoot of impulsie* van een kracht wordt aangeduid door het product van de kracht en den tijd, gedurende welken de kracht werkt. Die impulsie is gelijk aan de toename van de hoeveelheid van beweging:

$$mv - m v_0 = \int_0^t Pdt.$$

Beweging van een materieel punt.

A. *Langs een rechte lijn.*

Bewegingsvergelijkingen:

$$\frac{dx}{dt} = v$$

$$\frac{dv}{dt} = a$$

1. *Eenparige beweging* (de snelheid is constant).

Is s_0 de afstand van het bewegende punt tot een beginpunt A en v de beginsnelheid, dan is de afgelegde weg s na een willekeurigen tijd t:

$$s = s_0 + v\,t.$$

2. *Gelijkmatig versnelde beweging* (de versnelling is constant).

Is a de versnelling, dan is:

$$v = v_0 + at$$

$$s = s_0 + v_0t + \tfrac{1}{2}\,at^2 = s_0 + \frac{v_0 + v}{2}\,t.$$

Vrije val in het luchtledige:

$$s_0 \text{ en } v_0 = 0, \text{ zoodat } v = \sqrt{2gs} \text{ en } s = \frac{v^2}{2g}$$

waarin g = versnelling van de zwaartekracht.

3. *Gelijkmatig vertraagde beweging.*

$$v = v_0 - at$$

$$s = s_0 + v_0t - \tfrac{1}{2}\,at^2.$$

Beweging van een vertikaal opgeworpen lichaam in het luchtledige:

$$\text{de stijghoogte } h = \frac{v_0^2}{2g}$$

Zie voor valhoogten bij gegeven snelheden en valsnelheden met gegeven hoogten de tafels op bldz. 302 en 303.

B. Willekeurige beweging van een vrij materieel punt.

Bewegingsvergelijkingen: $m\frac{d^2x}{dt^2} = x \qquad m\frac{d^2y}{dt^2} = y$

Kromlijnige beweging. De krachtcomponent volgens de tangent van de baan, dat is in de richting der oogenblikkelijke snelheid, is

$$P\cos(P\,.\,v) = m\,\frac{dv}{dt}$$

De rechthoekig daaropstaande krachtcomponent in de richting van den kromtestraal ρ (aan de concave zijde) is

$$P\cos(P\,.\,\rho) = m\,\frac{v^2}{\rho}.$$

a. Cirkelvormige beweging. Hierbij is de laatstgenoemde krachtcomponent (centripetaalkracht of tegengestelde centrifugaalkracht)

$$P_c = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r \quad \text{wanneer } \omega \text{ de hoeksnelheid is.}$$

Is n het aantal omwentelingen per minuut,
t de tijd van één omwenteling in secunden,
r de straal in Meters,
G het gewicht van de massa m in KG,
dan is de centrifugaalkracht

$$P_c = 0{,}001.12\ n^2 G \cdot r \text{ KG.}$$

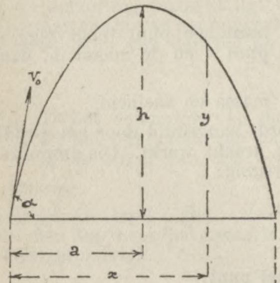


Fig. 18.

b. Vrije worpbeweging (zonder luchtweerstand, fig. 18).

De baan is een parabool met de topvergelijking:

$$x^2 = \frac{2\,v_0^2\,\cos^2\alpha}{g}\,y.$$

Na den tijd t is de afstand

$$x = v_0t\,\cos\alpha$$

$$y = v_0t\,\sin\alpha - \frac{gt^2}{2}$$

en de snelheid $v = \sqrt{v_0^2 - 2gy}$.

De worpwijdte $l = \frac{v_0^2}{2g}\sin 2\alpha$ en is het grootst voor $\alpha = 45°$.

De worphoogte $h = \frac{v_0^2}{2g}\sin^2\alpha$.

c. Slingerbeweging (eenvoudige cirkelvormige slingerbeweging).

Is t de slingertijd, d.i. de tijd, die verloopt tusschen twee opeenvolgende doorgangen van het punt door den evenwichtstoestand,

l de slingerlengte,

g de versnelling van de zwaartekracht,

dan is $$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

De lengte van een secundeslinger volgt hieruit

voor 50° noordelijke breedte: l = 0,9938 Meter.

aan de polen l = 0,996 „

aan den equator l = 0,991 „

Hoe verder men dus met denzelfden slinger naar de polen gaat, hoe sneller deze zal slingeren.

Is h de stijg- of valhoogte van de slingerende massa, dan is de spanning T van den draad, waaraan deze massa hangt, het grootst in het laagste punt en wel:

$$T = mg\left(\frac{l + 2h}{l}\right).$$

Samengestelde slinger is elk lichaam opgehangen aan een punt.

Enkelvoudige of mathematische slinger is een stoffelijk punt, opgehangen aan een volkomen buigzamen en onrekbaren draad, die geen gewicht heeft en bij welks beweging niet de minste weerstand ondervonden wordt.

Slingerwijdte of amplitude is de lengte van den geheelen boog, langs welken zich het stoffelijk punt beweegt.

Slingerpunt is dat punt van den samengestelden slinger, hetwelk alleen opgehangen als enkelvoudigen slinger op denzelfden afstand van de as, denzelfden slingertijd zou hebben als de samengestelde slinger.

Lengte van den samengestelden slinger is de afstand van het slingerpunt tot de as.

Beweging van een willekeurig puntenstelsel.

Stelt men behalve uitwendige krachten, tusschen de punten onderling inwendige krachten werkend, dan heeft men de bewegingsvergelijkingen:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma\, m \frac{d^2x}{dt^2} &= \Sigma X + \Sigma I_x \\ \Sigma\, m \frac{d^2y}{dt^2} &= \Sigma Y + \Sigma I_y \\ \Sigma\, m \frac{d^2z}{dt^2} &= \Sigma Z + \Sigma I_z \end{aligned}\right\} \ldots \text{I}$$

waarin de inwendige krachten ΣI_x, ΣI_y en ΣI_z gelijk nul, wanneer het puntenstelsel onveranderlijk is of een vast lichaam vormt, in welk geval

$$\left.\begin{aligned} \Sigma\, m \frac{d^2x}{dt^2} &= \Sigma X \\ \Sigma\, m \frac{d^2y}{dt^2} &= \Sigma Y \\ \Sigma\, m \frac{d^2z}{dt^2} &= \Sigma Z \end{aligned}\right\} \ldots \text{Ia}$$

Voert men het zwaartepunt van het stelsel in en denkt men dit als materieel punt met de totale massa M, dan gaan de vergelijkingen over in

$$\left.\begin{aligned} M \frac{d^2x_1}{dt^2} &= \Sigma X \\ M \frac{d^2y_1}{dt^2} &= \Sigma Y \\ M \frac{d^2z_1}{dt^2} &= \Sigma Z \end{aligned}\right\} \ldots \text{Ib}$$

waardoor de beweging van het zwaartepunt volkomen wordt bepaald.

Uit de bewegingsvergelijkingen I kan men de volgende momentenvergelijkingen afleiden:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma m \left\{ y \frac{d^2z}{dt^2} - z \frac{d^2y}{dt^2} \right\} &= \Sigma (y Z - z Y) \\ \Sigma m \left\{ z \frac{d^2x}{dt^2} - x \frac{d^2z}{dt^2} \right\} &= \Sigma (z X - x Z) \\ \Sigma m \left\{ x \frac{d^2y}{dt^2} - y \frac{d^2x}{dt^2} \right\} &= \Sigma (x Y - y X) \end{aligned}\right\} \ldots . \text{II}$$

Heeft men een puntenstelsel wentelende om een as en waarbij dus $\Sigma (xY - yX) = 0$ kan worden gesteld, dan is

$$\Sigma m \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) = \text{C(onstant)}$$

$$\text{of} \qquad \Sigma m \left(r^2 \frac{d\varphi}{dt} \right) = \text{C(onstant) (Wet der sectoren).}$$

Levende kracht van een puntenstelsel.

De levende kracht bij translatiebeweging is $\Sigma \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} Mv^2$ en bij rotatiebeweging $\Sigma \frac{1}{2} mr^2\omega^2 = \frac{1}{2} J\omega^2$, waarin

v = snelheid der translatiebeweging,
r = afstand van een punt tot de rotatie-as,
ω = hoeksnelheid der rotatiebeweging,
J = traagheidsmoment van het stelsel ten opzichte van de rotatie-as.

De levende kracht van een volkomen vrij lichaam is de som van de levende kracht *van* het zwaartepunt en die *om* het zwaartepunt

$$A = \frac{1}{2} Mv_0^2 + \Sigma \frac{1}{2} mv_1^2.$$

Beginsel van levende kracht en arbeid. De verandering in levende kracht van een willekeurig bewegend puntenstelsel gedurende een zekere periode is gelijk aan den totalen arbeid van alle op het puntenstelsel werkende krachten in dezelfde periode:

$$\Sigma \frac{1}{2} mv^2 - \Sigma \frac{1}{2} mv_0^2 = A_u + A_i \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

waarin A_u = arbeid der uitwendige krachten $= \int_0^t (Xdx + Ydy + Zdz)$

en A_i = „ „ inwendige „

Is de kracht werkende tusschen twee punten van een puntenstelsel op een afstand r van elkaar liggend gelijk aan k, dan kan de arbeid worden uitgedrukt door kdr en de totale arbeid voor alle stelsels van twee punten door

$$A_i = \Sigma - mm^1 \left\{ \varphi (r) - \varphi (r_0) \right\}$$

Werken op een puntenstelsel geen uitwendige krachten, dan wordt (1)

$$\Sigma \frac{1}{2} mv^2 + \Sigma mm^1 \varphi (r) = \Sigma \frac{1}{2} mv_0^2 + \Sigma mm^1 \varphi (r_0)$$

d.i. de wet van het behoud van het arbeidsvermogen.

Beweging van een lichaam.

1. *Beweging om een vaste as.*

Is φ de hoek, waarover een punt van het lichaam op den afstand l van de as in den tijd t draait, dan is de hoeksnelheid

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

en de hoekversnelling $\dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}$

Is M het moment der uitwendige krachten en J het traagheidsmoment van het lichaam ten opzichte van de omwentelingsas, dan is

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = J \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Bij een impulsie of stoot geldt

$$J\,\omega - J\,\omega_0 = \int_0^t M dt$$

terwijl het beginsel van levende kracht en arbeid geeft

$$\tfrac{1}{2} J\,\omega^2 - \tfrac{1}{2} J\,\omega_0^2 = \int_0^\varphi M d\varphi$$

2. *Slingerbeweging* (samengestelde slinger).

De samengestelde slingerbeweging kan men tot de eenvoudige herleiden, wanneer men de massa op een afstand

$$l = \frac{J}{me}$$

van het draaipunt verplaatst denkt, waarbij J het traagheidsmoment van de slingerende massa m ten opzichte van dat draaipunt en e de zwaartepuntsafstand van die massa tot het draaipunt: l is dan de lengte van den samengestelden slinger.

De slingertijd van den samengestelden slinger is dus

$$t = \pi \sqrt{\frac{J}{mge}}$$

waaruit

$$J = \frac{t^2}{\pi^2}\, mge.$$

Is n het aantal slingeringen van den samengestelden slinger per minuut, dan is het traagheidsmoment van het lichaam ten opzichte van het draaipunt

$$J = g\,\frac{60 \times 60\; me}{\pi^2 \quad n^2} = 357\,830\,\frac{me}{n^2}$$ (wanneer alles in cM maat).

Traagheidsmoment.

Het traagheidsmoment van een lijn, vlak (doorsnede) of lichaam ten opzichte van een as, is de som der producten van een lengte-, vlakte- of massadeeltje en het vierkant van den afstand van het deeltje tot die as.

$$J = \Sigma\, dl\, r^2 = \Sigma\, df\, r^2 = \Sigma\, dm\, r^2,$$

welke vorm in het algemeen te herleiden is tot

$$J = L\rho^2 = F\rho^2 = M\rho^2$$

waarin L, F en M de lengte, het oppervlak of de massa van de lijn, het vlak of het lichaam en ρ de *traagheidsstraal*, of ook

$$\rho = \sqrt{\frac{J}{L}} = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{J}{M}}.$$

Traagheidsmomenten van lichamen.

a. Cirkelvormige plaat ten opzichte van een as loodrecht op het middelpunt:

$$J = \tfrac{1}{2} Mr^2.$$

Idem t/o as volgens de middellijn $J = \tfrac{1}{4} Mr^2$.

b. Omwentelingskegel ten opzichte van de as:

$J = \tfrac{3}{10} Mr^2$, waarin r = straal van het grondvlak

c. Bol ten opzichte van een middellijn

$$J = \tfrac{2}{5} Mr^2.$$

d. Stang van de lengte l ten opzichte van een as rechthoekig in het zwaartepunt:

$$J = \tfrac{1}{12} Ml^2.$$

e. Cirkelvormige ring ten opzichte van een as in het middelpunt loodrecht op het vlak van den ring:

$$J = M(R^2 + \tfrac{3}{4} r^2)$$

Verband tusschen de traagheidsmomenten van eenzelfde lichaam ten opzichte van verschillende assen:

Is J_z het traagheidsmoment ten opzichte van een as door het zwaartepunt, dan is het traagheidsmoment ten opzichte van een as op een afstand l en evenwijdig aan die as

$$J_l = J_z + Ml^2.$$

Zet men op ieder der door een punt van een lichaam gaande assen de daarbij behoorende traagheidsstralen vanaf dit punt uit, dan liggen de eindpunten op een ellipsoïde, waarvan de vergelijking op de hoofdassen (tevens hoofdtraagheidsassen) is: $Ax^2 + By^2 + Cz^2 = 1$ en waarin A, B en C de traagheidsmomenten (hoofdtraagheidsmomenten) ten opzichte van die assen zijn.

Het traagheidsmoment voor een willekeurige as door het punt is

$$J = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma,$$

waarin α, β en γ de hoeken, welke de as met de hoofdtraagheidsassen vormt.

Evenzoo liggen bij een doorsnede de eindpunten der traagheidsstralen op een ellips met de vergelijking op de hoofdassen

$$Ax^2 + By^2 = 1$$

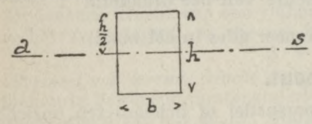
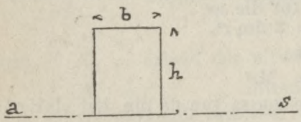
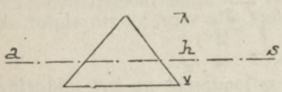
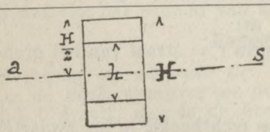
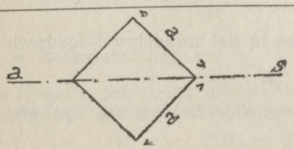
en is het traagheidsmoment voor een willekeurige as

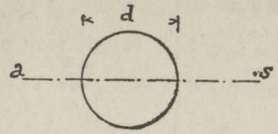
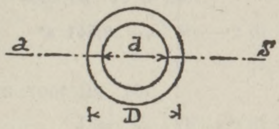
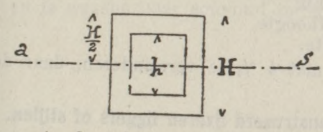
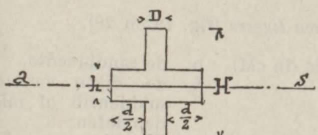
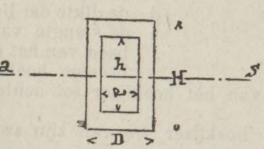
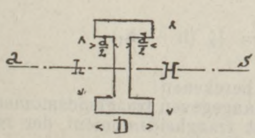
$$J = A\cos^2\varphi + B\sin^2\varphi - 2\,C\sin\varphi\cos\varphi$$

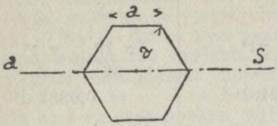
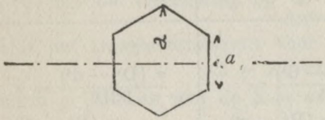
waarin φ de hoek met de X-as en $C = \int xy\,df$.

Het *weerstandsmoment* of de weerstandsgrootte van een doorsnede ten opzichte van een as is het traagheidsmoment der doorsnede ten opzichte van dezelfde as gedeeld door den afstand van het uiterst punt der doorsnede tot die as.

Traagheids- en Weerstandsmomenten van verschillende doorsneden.

DOORSNEDE	Traagheids-moment	Weerstands-moment
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
	$\frac{bh^3}{3}$	$\frac{bh^2}{3}$
 As door het zwaartepunt.	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^2}{24}$
	$\frac{b}{12}(H^3 - h^3)$	$\frac{b\,(H^3 - h^3)}{6\,H}$
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^3}{6\sqrt{2}} = 0{,}118\,a^3$

DOORSNEDE	Traagheids-moment	Weerstands-moment
 As door het middelpunt, d = 2 r	$\frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$ $= 0{,}0491\ d^4$	$\frac{\pi\ d^3}{32} = \frac{\pi\ r^3}{4}$ $= 0{,}0982\ d^3$
 As door het middelpunt.	$\frac{\pi\ (D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi\ (R^4 - r^4)}{4}$	$\frac{\pi\ (D^4 - d^4)}{32D} = \frac{\pi\ (R^4 - r^4)}{4r}$
 As door het zwaartepunt.	$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$\frac{H^4 - h^4}{6H}$
 As door het zwaartepunt.	$\frac{DH^3 + dh^3}{12}$	$\frac{DH^3 + dh^3}{6H}$
 As door het zwaartepunt. 	$\frac{DH^3 - dh^3}{12}$	$\frac{DH^3 - dh^3}{6H}$

DOORSNEDE.	Traagheids-moment.	Weerstands-moment.
	$\frac{5}{16}\ a^4 \sqrt{3} =$ $0{,}541\ a^4$	$\frac{5\ a^3}{8}$
 As door het zwaartepunt.		$0{,}541\ a^3$

Het traagheidsmoment van spoorstaven kan worden aangenomen volgens de empirische formule:

$$J = 0{,}08\ h^3k$$

waarin h de spoorstaafhoogte,
k de kopbreedte.

Het weerstandsmoment hieruit volgende is met 4 % te verminderen, daar de neutrale as niet op de halve hoogte ligt.

Traagheidsmomenten van doorsneden van geconstrueerd ijzeren liggers of stijlen.

Het traagheidsmoment van de samengestelde doorsnede is gelijk aan de som der traagheidsmomenten der enkele deelen van de doorsnede ten opzichte van een aangenomen as.

Traagheidsmoment van geconstrueerde plaatijzeren liggers (fig. 19 en 20).

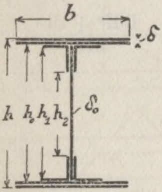


Fig. 19.

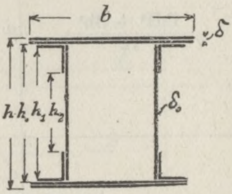


Fig. 20.

Is (in cM) b de randbreedte,
δ_0 de dikte van de middenrib of middenplaten,
δ_h de dikte van het hoekijzer,
δ de totale dikte der randplaten,
d de dikte der bouten,
e de lengte van het been van het gelijkbeenige hoekijzer,
v de afstand van het zwaartepunt van het hoekijzer tot achterkant been.
J_h het traagheidsmoment van het hoekijzer t/o van zijn zwaartepuntas.
F_h de doorsnede van het hoekijzer.

zoodat

$$\delta = \tfrac{1}{2}\,(h - h_0)$$
$$\delta_h = \tfrac{1}{2}\,(h_0 - h_1) \qquad \delta + \delta_h = \tfrac{1}{2}\,(h - h_1)$$
$$e = \tfrac{1}{2}\,(h_0 - h_2)$$

Men kan nu het traagheidsmoment op 2 wijzen berekenen:
a. door gebruik te maken van de in de tabellen aangegeven traagheidsmomenten der hoekijzers. Verwaarloost men gemakshalve het traagheidsmoment der randplaten ten opzichte van haar middenas, dan is voor fig. 19:

$$J = \frac{\delta_0 h_0^3}{12} + 4 \left\{ J_h + F_h \left(\frac{h_0}{2} - v \right)^2 \right\} + 2 b (h - h_0) \left(\frac{h_0 + h}{4} \right)^2$$

$$- 4 d (h - h_1) \left(\frac{h + h_1}{4} \right)^2$$

en voor fig. 20:

$$J = \frac{\delta_0 h_0^3}{6} + 4 \left\{ J_h + F_h \left(\frac{h_0}{2} - v \right)^2 \right\} + 2 b (h - h_0) \left(\frac{h_0 + h}{4} \right)^2$$

$$- 4 d (h - h_1) \left(\frac{h + h_1}{4} \right)^2$$

b. door berekening uit de rechthoeken:

Voor fig. 19 is dan

$$J = {}^1/_{12} \left\{ (b - 2 d) (h^3 - h_0^3) + (2 e + \delta_0 - 2 d) (h_0^3 - h_1^3) + (\delta_0 + 2 \delta_h) (h_1^3 - h_2^3) + \delta h_2^3 \right\}$$

en voor fig. 20:

$$J = {}^1/_{12} \left\{ (b - 2 d) (h^3 - h_0^3) + (2 e + 2 \delta_0 - 2 d) (h_0^3 - h_1^3) + (\delta_0 + 2 \delta_h) (h_1^3 - h_2^3) + 2 \delta h_2^3 \right\}$$

Deze laatste berekeningswijze geeft ongeveer 0,2 % geringer weerstandsmoment en is wegens haar eenvoud te verkiezen.

Versnelling der zwaartekracht.

Volgens Borda is voor een plaats ter zeehoogte:

$$g = 9{,}805\,57\ (1 - 0{,}002\,588 \cos 2\,\varphi)$$

in meter, waarin φ de geografische breedte van de plaats. Op de gemiddelde geografische breedte van Nederland = 52° wordt g = 9,812 M. Op de gemiddelde geogr· *breedte van Java* is g = 9,781 M; onder den *evenaar*, 9,780 M. Voor plaatsen *boven de zeehoogte* is g per 325 M hoogte 0,001 M kleiner.

Voor g = 9,812 is $\sqrt{2g}$ = 4,4299 en 1 : 2 g = 0,050 958
,, ,, ,, 9,781 ,, ,, ,, 4,4229 ,, ,, ,, 0,051 112
,, ,, ,, 9,780 ,, ,, ,, 4,4227 ,, ,, ,, 0,051 125

Valhoogten behoorende bij gegeven snelheden.

Snelheden (per seconde) $v = \sqrt{2gh}$ en valhoogten $h = v^2 : 2g$ zijn uitgedrukt in meters. De valhoogten zijn berekend voor g = 9,812 M.

v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$
$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h
1,00	0,051 0	2,80	0,399 5	4,60	1,078 3	6,40	2,087 2	8,20	3,426 4
1,05	0,056 2	2,85	0,413 9	4,65	1,101 9	6,45	2,120 0	8,25	3,468 3
1,10	0,061 7	2,90	0,428 6	4,70	1,125 7	6,50	2,153 0	8,30	3,510 5
1,15	0,067 4	2,95	0,443 5	4,75	1,149 7	6,55	2,186 2	8,35	3,552 9
1,20	0,073 4	3,00	0,458 6	4,80	1,174 1	6,60	2,219 7	8,40	3,595 6
1,25	0,079 6	3,05	0,474 0	4,85	1,198 7	6,65	2,253 5	8,45	3,638 5
1,30	0,086 1	3,10	0,489 7	4,90	1,223 5	6,70	2,287 5	8,50	3,681 7
1,35	0,092 9	3,15	0,505 6	4,95	1,248 6	6,75	2,321 8	8,55	3,725 2
1,40	0,099 9	3,20	0,521 8	5,00	1,274 0	6,80	2,356 3	8,60	3,768 9
1,45	0,107 1	3,25	0,538 2	5,05	1,299 6	6,85	2,391 1	8,65	3,812 8
1,50	0,117 4	3,30	0,554 9	5,10	1,325 4	6,90	2,426 1	8,70	3,857 0
1,55	0,122 4	3,35	0,571 9	5,15	1,351 5	6,95	2,461 4	8,75	3,901 5
1,60	0,130 5	3,40	0,589 1	5,20	1,377 9	7,00	2,496 9	8,80	3,946 2
1,65	0,138 7	3,45	0,606 5	5,25	1,404 5	7,05	2,532 7	8,85	3,991 2
1,70	0,147 3	3,50	0,624 2	5,30	1,431 4	7,10	2,568 8	8,90	4,036 4
1,75	0,156 1	3,55	0,642 2	5,35	1,458 5	7,15	2,605 1	8,95	4,081 9
1,80	0,165 1	3,60	0,660 4	5,40	1,485 9	7,20	2,641 7	9,00	4,127 5
1,85	0,174 4	3,65	0,678 9	5,45	1,513 6	7,25	2,678 5	9,05	4,173 5
1,90	0,184 0	3,70	0,697 6	5,50	1,541 5	7,30	2,715 6	9,10	4,219 8
1,95	0,193 8	3,75	0,716 6	5,55	1,569 6	7,35	2,752 9	9,15	4,266 3
2,00	0,203 8	3,80	0,735 8	5,60	1,598 0	7,40	2,790 5	9,20	4,313 1
2,05	0,214 1	3,85	0,755 3	5,65	1,626 7	7,45	2,828 3	9,25	4,360 1
2,10	0,224 7	3,90	0,775 1	5,70	1,655 6	7,50	2,866 4	9,30	4,407 4
2,15	0,235 6	3,95	0,795 1	5,75	1,684 8	7,55	2,904 7	9,35	4,454 9
2,20	0,246 6	4,00	0,815 3	5,80	1,714 2	7,60	2,943 3	9,40	4,502 6
2,25	0,258 0	4,05	0,835 8	5,85	1,743 9	7,65	2,982 2	9,45	4,550 6
2,30	0,269 6	4,10	0,856 6	5,90	1,773 8	7,70	3,021 3	9,50	4,599 0
2,35	0,281 4	4,15	0,877 6	5,95	1,804 0	7,75	3,060 7	9,55	4,647 5
2,40	0,293 5	4,20	0,898 9	6,00	1,834 5	7,80	3,100 3	9,60	4,696 3
2,45	0,305 9	4,25	0,920 4	6,05	1 865 2	7,85	3,140 2	9,65	4,745 3
2,50	0,318 5	4,30	0,942 2	6,10	1,896 1	7,90	3,180 3	9,70	4,794 6
2,55	0,331 4	4,35	0,964 3	6,15	1,927 4	7,95	3,220 7	9,75	4,844 2
2,60	0,344 5	4,40	0,986 5	6,20	1,958 8	8,00	3,261 3	9,80	4,894 0
2,65	0,357 9	4,45	1,009 1	6,25	1,990 6	8,05	3,302 2	9,85	4,944 1
2,70	0,371 5	4,50	1,031 9	6,30	2,021 5	8,10	3,343 4	9,90	4,994 4
2,75	0,385 4	4,55	1,055 0	6,35	2,054 7	8,15	3,384 8	9,95	5,045 0
2,80	0,399 5	4,60	1,078 3	6,40	2,087 2	8,20	2,426 4	10,00	5,095 8

Snelheden behoorende bij gegeven valhoogten.

Valhoogten $h = v^2 : 2g$ en snelheden (per seconde) $v = \sqrt{2gh}$ zijn uitgedrukt in meters. De snelheden zijn berekend voor een versnelling der zwaartekracht $g = 9{,}812$ M.

h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$	h	$\sqrt{2gh}$
$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v	$\frac{v^2}{2g}$	v
0,10	1,401	0,55	3,285	1,00	4,430	3,25	7,986	5,50	10,389
0,11	1,469	0,56	3,315	1,05	4,539	3,30	8,047	5,60	10,483
0,12	1,535	0,57	3,344	1,10	4,646	3,35	8,108	5,70	10,576
0,13	1,597	0,58	3,374	1,15	4,751	3,40	8,168	5,80	10,669
0,14	1,658	0,59	3,403	1,20	4,853	3,45	8,228	5,90	10,760
0,15	1,716	0,60	3,431	1,25	4,953	3,50	8,288	6,00	10,851
0,16	1,772	0,61	3,460	1,30	5,051	3,55	8,347	6,10	10,941
0,17	1,826	0,62	3,488	1,35	5,147	3,60	8,405	6,20	11,030
0,18	1,879	0,63	3,516	1,40	5,242	3,65	8,463	6,30	11,119
0,19	1,931	0,64	3,544	1,45	5,334	3,70	8,521	6,40	11,207
0,20	1,981	0,65	3,571	1,50	5,425	3,75	8,578	6,50	11,294
0,21	2,030	0,66	3,599	1,55	5,515	3,80	8,635	6,60	11,381
0,22	2,078	0,67	3,626	1,60	5,603	3,85	8,692	6,70	11,467
0,23	2,125	0,68	3,653	1,65	5,690	3,90	8,748	6,80	11,552
0,24	2,170	0,69	3,680	1,70	5,776	3,95	8,804	6,90	11,636
0,25	2,215	0,70	3,706	1,75	5,860	4,00	8,860	7,00	11,720
0,26	2,259	0,71	3,733	1,80	5,943	4,05	8,915	7,10	11,804
0,27	2,302	0,72	3,759	1,85	6,025	4,10	8,970	7,20	11,887
0,28	2,344	0,73	3,785	1,90	6,106	4,15	9,024	7,30	11,969
0,29	2,386	0,74	3,811	1,95	6,186	4,20	9,079	7,40	12,051
0,30	2,426	0,75	3,836	2,00	6,265	4,25	9,132	7,50	12,132
0,31	2,466	0,76	3,862	2,05	6,343	4,30	9,186	7,60	12,212
0,32	2,506	0,77	3,887	2,10	6,420	4,35	9,239	7,70	12,292
0,33	2,545	0,78	3,912	2,15	6,496	4,40	9,292	7,80	12,372
0,34	2,583	0,79	3,937	2,20	6,571	4,45	9,345	7,90	12,451
0,35	2,621	0,80	3,962	2,25	6,645	4,50	9,397	8,00	12,530
0,36	2,658	0,81	3,987	2,30	6,718	4,55	9,449	8,10	12,608
0,37	2,695	0,82	4,011	2,35	6,791	4,60	9,501	8,20	12,685
0,38	2,731	0,83	4,036	2,40	6,863	4,65	9,553	8,30	12,762
0,39	2,766	0,84	4,060	2,45	6,934	4,70	9,604	8,40	12,839
0,40	2,802	0,85	4,084	2,50	7,004	4,75	9,655	8,50	12,915
0,41	2,837	0,86	4,108	2,55	7,074	4,80	9,705	8,60	12,991
0,42	2,871	0,87	4,132	2,60	7,143	4,85	9,756	8,70	13,066
0,43	2,905	0,88	4,156	2,65	7,211	4,90	9,806	8,80	13,141
0,44	2,938	0,89	4,179	2,70	7,279	4,95	9,856	8,90	13,216
0,45	2,972	0,90	4,203	2,75	7,346	5,00	9,906	9,00	13,290
0,46	3,005	0,91	4,226	2,80	7,413	5,05	9,955	9,10	13,363
0,47	3,037	0,92	4,249	2,85	7,479	5,10	10,004	9,20	13,437
0,48	3,069	0,93	4,272	2,90	7,544	5,15	10,053	9,30	13,509
0,49	3,101	0,94	4,295	2,95	7,609	5,20	10,102	9,40	13,582
0,50	3,132	0,95	4,318	3,00	7,673	5,25	10,150	9,50	13,654
0,51	3,164	0,96	4,340	3,05	7,736	5,30	10,198	9,60	13,726
0,52	3,194	0,97	4,363	3,10	7,800	5,35	10,246	9,70	13,797
0,53	3,225	0,98	4,385	3,15	7,862	5,40	10,294	9,80	13,868
0,54	3,255	0,99	4,408	3,20	7,924	5,45	10,342	9,90	13,938
0,55	3,285	1,00	4,430	3,25	7,986	5,50	10,389	10,00	14,009

Toegepaste Mechanica.

Litteratuur.

C. Bach. Elasticität und Festigkeit. Jul. Springer, Berlijn.
John Perry. Applied mechanics.
A. Ritter. Lehrbuch der technischen Mechanik.
J. Weisbach. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, bearbeitet von Prof. Gust. Herrmann.
J. Klopper C. I. Leerboek der toegepaste mechanica. 3 dl.
A. Föppl. Vorlesungen über techn. Mechanik. 6 Bd.
A. Föppl. Festigkeitslehre.
A. Föppl. Das Fachwerk im Raume.
H. F. B. Müller-Breslau. Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und die Statik der Baukonstruktionen. 2 Bd.
Berekening van rechthoekige platen. Zeitschrift des Öst. Ing. und Arch. Vereins. 1912.
A. Kleinlogel. Rahmenformeln.

Elasticiteitsleer.

Trek-, druk- en schuifvastheid.

Ondergaat een staaf (rechte, cilindrische) van de lengte l door een kracht P een verlenging λ, dan is de verhouding

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{l} = \text{relatieve verlenging}$$

Is F de doorsnede van de oorspronkelijke staaf, dan is de door de kracht P veroorzaakte spanning

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

In de verhouding $\frac{\varepsilon}{\sigma} = \alpha = \frac{1}{E}$ (waarin α = *elasticiteitscoëfficiënt*) is $E = \frac{1}{\alpha}$ de *elasticiteitsmodulus* (meestal in KG/cM² uitgedrukt; natuurkundigen geven hem in KG/mM² aan).

Deze is ook gelijk aan $E = \frac{Pl}{F\lambda}$ in het geval de uitrekkingen aan de spanningen evenredig zijn (Wet van Hooke).

Voor vele stoffen is dit tusschen zekere spanningsgrenzen het geval. In het algemeen is echter α (of E) afhankelijk van de spanning σ, zoodat (tot aan de strekgrens) de algemeene formule geldt:

$$\varepsilon = \alpha_0 \sigma^n,$$

waarin α_0 en n voor elke stof een bepaalde waarde heeft.

(Voor gietijzer, natuursteen, mortel is $n > 1$).

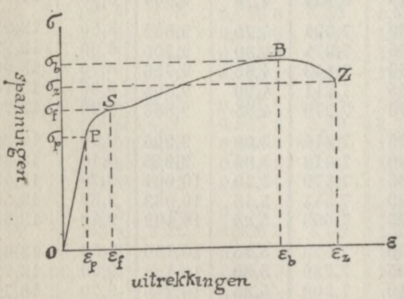


Fig. 1.

De uitrekking van een metalen staaf kan volgens fig. 1 worden voorgesteld, waarbij de spanning als functie der relatieve uitrekking is aangegeven. Van O tot P geschiedt de uitrekking volgens de wet van Hooke; P is de *proportionaliteitsgrens*. OP is een rechte lijn. Van P tot S (*de strek- of vloeigrens*) ondergaat de stof een snelle en blijvende uitrekking bij nagenoeg constant blijvende

of weinig veranderende belasting en welke uitrekking bij toenemende belasting aangroeit tot bij een *maximum spanning* σ_b (*de trekvastheid*). Bij verdere belasting treedt bij Z de breuk in met de *breukspanning* σ_z.

De grootste spanning σ_e, waarbij de staaf geen blijvende uitrekking heeft en dus nog volkomen elastisch is, heet de *elasticiteitsgrens*.

Het is niet noodzakelijk, dat deze grens samenvalt met de proportionaliteitsgrens, al is practisch gebleken, dat beide grenzen voor de in de techniek gebezigde metalen samenvallen. In vele gevallen neemt men de elasticiteitsgrens aan bij een blijvende vormverandering van 0,2 % na het wegnemen van de belasting.

Op dezelfde wijze als bij trek gedraagt zich het ijzer bij druk. In de plaats van de strek- of vloeigrens treedt hier dan de z.g. „kwetsgrens" op, welke het plotseling wegvloeien van het metaal aangeeft en welke bij een even hooge spanning als de strekgrens wordt bereikt. Ook de elasticiteitsmodulus is bij druk gelijk aan dien bij trek.

Voor dezelfde soort vloeiijzer als voorbeeld zijn de cijfers voor elasticiteits-, proportionaliteits- en strekgrens (kwetsgrens) bij trek of druk gelijk.

De relatieve verkorting of verlenging in de dwarsafmeting, welke een staaf bij verlenging of samendrukking ondervindt, kan worden voorgesteld door

$$\varepsilon_d = \frac{\varepsilon}{m}, \text{ waarin m afhankelijk van de stof.}$$

Voor isotrope lichamen ligt m tusschen 3 en 4; voor metalen is m $= {}^{10}/_{3}$.

Ondergaan twee oorspronkelijk rechthoekig op elkaar staande vlaktedeeltjes van een lichaam tengevolge van de werking van een uitwendige kracht een hoekverplaatsing γ, dan is deze verschuiving ook gelijk aan den afstand, waarop twee op afstand 1 van elkaar liggende parallelle vlaktedeeltjes zich ten opzichte van elkaar hebben verplaatst. Deze verschuiving is het gevolg van paarsgewijze optredende schuifspanningen τ in de beide rechthoekig op elkaar staande vlaktedeeltjes.

De verhouding $\dfrac{\gamma}{\tau} = \beta = \dfrac{1}{G}$ is de *schuifcoëfficiënt*, waarin $G = \dfrac{1}{\beta}$ de *glijdings-* of *schuifmodulus*.

Tusschen de schuif- en elasticiteits-coëfficiënten of moduli bestaan de verhoudingen

$$\beta = \frac{2\,(m + 1)}{m}\,\alpha$$

$$G = \frac{m}{2\,(m + 1)}\,E$$

De *schuifvastheid* σ_s is die schuifspanning, waarbij de twee ten opzichte van elkaar verschoven vlakjes, zich van elkaar verwijderen.

Spanningen en Hoofdspanningen.

In elk punt zijn de *tangentiëele* spanningen in twee onderling rechthoekige vlakken aan elkaar gelijk.

De spanningen, die in een punt op vlakken van verschillende richting werken, worden in richting en grootte voorgesteld door de halve middellijnen eener ellips, waarvan de halve assen de hoofdspanningen in dit punt zijn. Zij staan loodrecht op elkaar, werken op twee onderling rechthoekige vlakken en zijn tevens normale spanningen.

Zijn ρ_1 en ρ_2 de hoofdspanningen, dan is de spanning voor een willekeurig vlak, dat een hoek α met het vlak der absoluut grootste hoofdspanning maakt:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2\cos^2\alpha + \rho_2^2\sin^2\alpha}.$$

Zijn de spanningen op 2 onderling rechthoekige vlakken s_1 en s_2 met haar ontbonden normale en tangentiëele spanningen σ, τ en σ_1, τ dan zijn de hoofdspanningen:

$$\rho_1 = \frac{\sigma + \sigma_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma - \sigma_1}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\rho_2 = \frac{\sigma + \sigma_1}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma - \sigma_1}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

en de hoek, dien deze vlakken met het vlak der grootste hoofdspanning maken:

$$\text{tg}2\alpha = \frac{2\tau}{\sigma - \sigma_1}.$$

Beginsel van Poncelet en Saint Vénant ter bepaling van het draagvermogen: De grens der veerkracht wordt bereikt, zoodra de grootste relatieve uitrekking een gegeven waarde bereikt; m. a. w.:

de grootste relatieve uitrekking $\varepsilon_1 = \frac{1}{E}\left\{\rho_1 - \frac{\rho_2 + \rho_3}{m}\right\} = \frac{\rho_i}{E}$ moet $<$ S,

waarin S zeker grenswaarde, ρ_1, ρ_2 en ρ_3 de hoofdspanningen en ρ_i de ideale hoofdspanning.

Weerstand tegen buigen.

Spanningen bij buiging.

Onderstellingen aangaande de vormverandering:

1. De vormverandering is zoo klein, dat zij ten opzichte van de lengte van den balk verwaarloosd kan worden.
2. De dwarsdoorsneden van den balk blijven vlak en loodrecht op de lengteas.
3. De relatieve lengteverandering in een punt van een aan de as van den balk evenwijdige lijn is evenredig aan de spanning, welke in dit punt volgens die lijn werkzaam is. (Wet van Hooke).

Is de kromtestraal van de lengteas van den balk $= \rho$ en de uitrekking hiervan ε_0, dan is de uitrekking in een evenwijdige vezel op den afstand η:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{\eta}{\rho}$$

en de spanning in die vezel: $\sigma = E\,\varepsilon = E\left(\varepsilon_0 + \frac{\eta}{\rho}\right)$

Is de lengteas tevens neutrale as of de uittrekking ε_0 en de spanning daarin gelijk nul, dan is voor een willekeurig punt buiten die as:

$$\sigma = E\,\frac{\eta}{\rho}.$$

Maakt de momentenlijn of doorsnede van het koppelvlak met de balkdoorsnede, een hoek φ met de buigingsas, dan is

$$\rho = \frac{EJ_b}{M\sin\varphi}$$

waarin J_b = traagheidsmoment der doorsnede ten opzichte van de buigingsas. en

$$\sigma = E\,\frac{\eta}{\rho} = \eta\,\frac{M\sin\varphi}{J_b}$$

Vallen momentenas en buigingsas samen met de rechthoekig op elkaar staande hoofdassen der doorsneden of is $\varphi = 90°$ dan wordt:

$$\sigma = \frac{M\eta}{J}$$

en

$$\rho = \frac{EJ}{M}$$

Arbeid bij buiging.

De arbeid, welke tengevolge van het moment bij buiging wordt verricht, is over een lengte l van den balk gerekend:

$$A = \frac{1}{2}\int_0^l \frac{M^2 ds}{EJ}$$

Weerstand tegen afschuiving.

Afschuivende spanningen in doorgebogen balken.

Op verschillende elementen van een dwarsdoorsnede (fig. 2) werken, behalve de normale spanningen σ, de tangentieele spanningen τ, welke te ontbinden zijn in τ_z evenwijdig aan de neutrale as en τ_y evenwijdig aan de momentenlijn. Is de totale schuifkracht in een doorsnede V, dan is

$$\tau_y = \frac{V}{2yJ} \int_z^e zdF = \frac{VS}{bJ}$$

waarin $S = \int_z^e zdF$ het statisch moment van het tusschen z en e gelegen doorsneeoppervlak ten opzichte van de neutrale as en J het traagheidsmoment van de geheele doorsnede ten opzichte van die as.

De zuivere tangentieele spanning τ is groot:

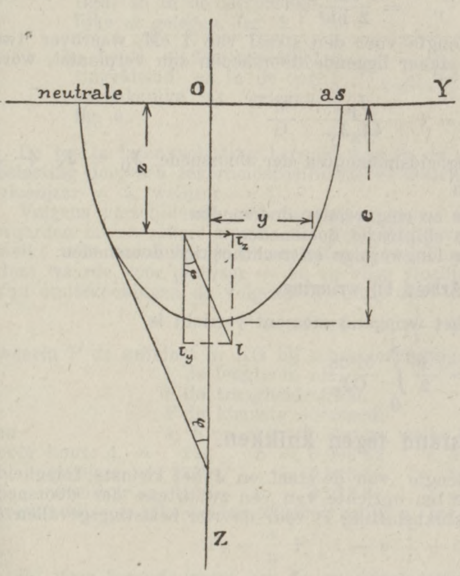


Fig. 2.

$$\tau = \frac{\tau_y}{\cos \varphi}.$$

De dikwijls gebezigde waarde van de schuifspanning

$$\tau = \frac{V}{F}$$

geldt alleen voor zuivere afschuiving, welke practisch niet voorkomt en te kleine waarden geeft.

In het algemeen is voor verschillende doorsneden:

$$\tau_{max} = C \frac{V}{F}, \text{ waarin}$$

voor een cirkelvormige doorsnede $C = \frac{4}{3}$ voor $y = o$,

voor een rechthoekige doorsnede $C = \frac{3}{2}$ voor $y = o$ en

voor een cirkelvormige ringdoorsnede, waarbij de wanddikte gering is ten opzichte van de middellijn van den ring: $C = 2$ voor $y = o$.

Is de toe te laten trekspanning t, dan is de maximum toe te laten schuifspanning:

$$\tau_{max} = \frac{m}{m + 1} t, \text{ waarin } m = 4 \text{ of } \frac{10}{3} \text{ bij gesmeed ijzer.}$$

Arbeid bij afschuiving.

De arbeid, welke door de afschuivende krachten V wordt verricht, is over een lengte l van den balk gemeten:

$$A = \frac{1}{2} \int_o^l \frac{c\ V^2 dx}{G\ F}$$

waarin $c = \frac{F}{V^2} \int \tau^2 \, dF$

en G de glijdingsmodulus van de stof.

Weerstand tegen wringing.

Spanningen bij wringing.

Bij wringing is de spanning in een punt op den grootsten afstand van de neutrale wringingsas het grootst. Is deze afstand r

dan is $\tau_{max} = \frac{Mr}{J_p}$ waarin J_p het polaire traagheidsmoment ten opzichte van de wringingsas en M het wringend moment.

Voor een cirkeldoorsnede is $\tau_{max} = \frac{2M}{\pi r^3}$

„ „ ringdoorsnede „ „ $= \frac{2MR}{\pi(R^4 - r^4)}$

„ „ rechthoekige „ „ $= \frac{9M}{2\, bh^2}$

De *draaiingshoek* of de booglengte voor den straal van 1 cM, waarover twee op den afstand van 1 cM van elkaar liggende doorsneden zijn verplaatst, wordt voorgesteld door:

$$\vartheta = \zeta \frac{J_p}{4 J_x J_y} \frac{M}{G}$$

waarin J_x en J_y de hoofdtraagheidsmomenten der doorsnede, $J_p = J_x + J_y$ het polair traagheidsmoment en

ζ = 1 voor cirkelvormige en ringvormige doorsneden.
ζ = 1,2 voor vierkante en elliptische doorsneden.
ζ = 1,2 tot 1,5 voor meer langwerpige en rechthoekige doorsneden.

Arbeid bij wringing.

De arbeid bij wringing door het wringend moment verricht is

$$A = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2 ds}{G J_p}$$

Weerstand tegen knikken.

Is l de op knik belaste lengte van de staaf en J het kleinste traagheidsmoment van de staafdoorsnede ten opzichte van een zwaarteas der doorsnede, dan kan volgens Euler de knikbelasting P voor de vier belastingsgevallen als volgt worden gevonden.

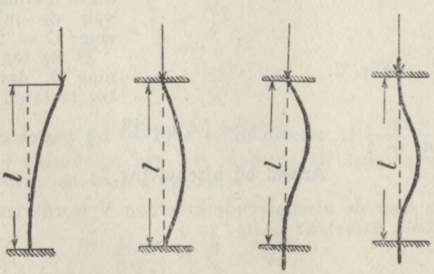


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Belastingsgeval	Knikbelasting P volgens Euler	Traagheidsmoment J
1) Het eene einde bevestigd (ingeklemd) en het andere einde vrij, fig. 3.	$\frac{\pi^2}{4} \frac{EJ}{l^2}$	$\frac{4l^2P}{\pi^2E}$
2) Beide einden vrij (scharnierend bevestigd) en in de oorspronkelijke as gelegen, fig. 4.	$\pi^2 \frac{EJ}{l^2}$	$\frac{l^2P}{\pi^2E}$
3) Het eene einde bevestigd (ingeklemd) en het andere vrij (scharnierend bevestigd) en in de oorspronkelijke as gelegen, fig. 5.	$2\pi^2 \frac{EJ}{l^2}$	$\frac{l^2P}{2\pi^2E}$
4) Beide einden bevestigd (ingeklemd) en in de oorspronkelijke as gelegen, fig. 6.	$4\pi^2 \frac{EJ}{l^2}$	$\frac{l^2P}{4\pi^2E}$

De toe te laten belasting bepaalt men in de practijk door de berekende knikbelasting door een zekerheidscoëfficiënt te deelen (voor hout = 10, gietijzer = 8, vloeiijzer = 4, welijzer = 5).

Volgens verschillende onderzoekingen geven de formules van *Euler* bruikbare waarden boven zekere waarde der verhouding van kniklengte en traagheidsstraal, welke voor verschillende bouwstoffen verschillend is. Volgens *Tetmajer* bedraagt deze waarde voor gietijzer = 80 en voor vloeiijzer = 105. *Tetmajer* bouwde uit zijn onderzoekingen de volgende formule op:

$$P = aF\left(1 - b\frac{l}{i} + c\frac{l^2}{i^2}\right)$$

waarin P de kniklast in KG bij scharniervormige bevestiging der einden
l de lengte in cM,
i de traagheidsstraal,
F de kleinste doorsnede
en a, b en c coëfficiënten, welke bedragen:

voor	a	b	c
hout:	293	0,006 62	0.
gietijzer	7760	0,015 46	0,000 07
vloeiijzer	3100	0,033 68	0.

zoodat bij een zekerheidscoëfficiënt gelijk n, het draagvermogen bedraagt

$$P_0 = \frac{a}{n} F\left(1 - b\frac{l}{i} + c\frac{l^2}{i^2}\right).$$

Bij deze formule moet om de gunstigste staafdoorsnede te vinden, eerst een zekere doorsnede aangenomen worden.

Een andere minder gebezigde knikformule is de empirische formule van *Skhwarz-Rankine*

$$P = \frac{f\,t}{1 + n\frac{f\,l^2}{J}}$$

waarin f = doorsnede in cM^2.
t = toe te laten spanning in KG/cM^2.
l = lengte in cM.
J = het kleinste traagheidsmoment in cM^4.
n = coëfficiënt voor gietijzer = 0,0002.
„ smeedijzer = 0,0001.
„ hout = 0,000 15.

Excentrische Belasting.

Grijpt een kracht P (fig. 7) aan buiten het zwaartepunt van een doorsnede F, dan ontstaan samengestelde spanningen. Is de afstand van het aangrijpingspunt tot de zwaartelijn gelijk aan a, dan is de spanning in een punt der doorsnede op een afstand $\pm$ e van de zwaartelijn gelegen

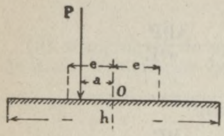


Fig 7.

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{Pae}{J}$$

waarbij e positief, wanneer deze aan de zijde van de kracht gelegen is en J het traagheidsmoment der doorsnede is.

Zal de spanning geen trekspanning zijn, zooals bij metselwerken gevorderd wordt, dan moet de kracht P blijven binnen een afstand van de zwaartelijn, waarvoor geldt:

$$\frac{P}{F} - \frac{Pae}{J} = 0$$

of

$$a = \frac{J}{Fe}$$

en dus ook voor een punt aan den rand der doorsnede

$$a_0 = \frac{J}{F \times \frac{1}{2} h}.$$

of bij rechthoekige doorsnede:

$$a_0 = \frac{1}{6} h$$

en bij cirkelvormige doorsnede:

$$a = \frac{1}{4} r$$

Spanningen in doorgebogen balken.

Bij buiging van een balk blijven de vezels in een zeker vlak (het neutrale asvlak) haar oorspronkelijke lengte behouden. Dit vlak gaat door het zwaartepunt van de doorsnede, en snijdt de doorsnede volgens een rechte lijn, wanneer de trek- en drukspanningen evenredig met den afstand van deze neutrale lijn toenemen en de vlakke doorsneden vlak blijven. Zijn de lengteveranderingen bij trek en bij druk verschillend (o.a. bij gietijzer, beton en steenen), dan is de ligging van de neutrale lijn veranderlijk en heeft b.v. de spanningsverdeeling volgens figuur 8 plaats.

Gaat het momentenvlak door een hoofdas van de doorsnede, dan valt de neutrale lijn met de andere hoofdas van de doorsnede samen en is de grootte van de normale spanning in een punt op den afstand y van de neutrale as:

$$\sigma = \frac{My}{J}$$

en

$$\sigma_{max} = \frac{Me}{J}$$

of

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W}$$

waarin $W = \frac{J}{e}$ het *weerstandsmoment* der doorsnede.

(bij gietijzer, beton en steenen is de maximumspanning kleiner of grooter dan $\frac{Me}{J}$, naar gelang e $>$ of $<$ dan e_1 of e_3).

De grootste afschuivende spanningen worden gevonden in de vlakken, die de hoeken tusschen de hoofdspanningen middendoor deelen en is

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

In de hoogste en laagste punten van de doorsnede, waar σ maximum en $\tau = 0$ is, is dus

$$\tau_{max} = \frac{\sigma}{2}$$

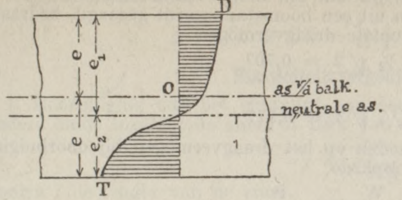


Fig. 8.

en in de neutrale as, waar $\sigma = 0$:

$$\tau_{max} = \tau$$

De hoofdspanningen van een deeltje der doorsnede volgen uit de daarin heerschende normale spanning σ en de schuifspanning τ en zijn (zie ook bldz. 306)

$$\sigma \frac{max}{min.} = \frac{1}{2}\sigma \pm \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

De hoek φ, welken deze hoofdspanningen met de as van den balk maken, is groot (de hoofdspanningen staan loodrecht op elkaar):

$$tg2\varphi = \pm \frac{2\tau}{\sigma}$$

De ideale hoofdspanningen (tengevolge van de grootste vormverandering) van een deeltje der doorsnede zijn:

$$\sigma_i \frac{max}{min.} = \frac{m-1}{2m}\sigma \pm \frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha\tau)^2}$$

waarin $\alpha = \dfrac{t_1}{\dfrac{m+1}{m}t_0}$ voor trek

of $ = \dfrac{t_2}{\dfrac{m+1}{m}t_0}$ voor druk

waarin t_0 = weerstand tegen trek of druk.
t_1 = toe te laten trekspanning.
t_2 = toe te laten drukspanning
van het materiaal.

Bij homogene en isotrope materialen als ijzer en staal is $\alpha = 1$ en $m = {}^{10}/_3$.

Bij $m = {}^{10}/_3$ wordt $\alpha = \dfrac{t_1}{1{,}3\ t_0}$ of $\dfrac{t_2}{1{,}3\ t_0}$

In bijna alle gevallen van de practijk ligt de grootste ideale hoofdspanning in de uiterste vezel; bij buitengewoon hooge of korte liggers echter in de doorsneden, waar het maximum moment samenvalt met een groote afschuivende kracht. Waar de afschuivende kracht groot is en het moment klein (b.v. bij de uiteinden van een opgelegden balk), kan bij I-vormige balken de grootste spanning ergens in de middenrib liggen en dan òf in de neutrale as òf in de aansluiting van de middenrib aan de hoekijzers of flenzen.

Men onderzoekt bij gebogen balken dus in het algemeen naar

1. de grootste spanning in de uiterste vezel $\sigma = \dfrac{Mh}{2J}$
2. de grootste ideale hoofdspanning in de neutrale as, dus

$$\rho = \frac{m-1}{2m}\sigma + \frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

waarin bij $\sigma = 0$ en $m = 3$ $\quad \rho = \dfrac{4}{3}\tau$

3. de grootste ideale hoofdspanning in de aansluiting van de middenrib aan de hoekijzers of flenzen.

Gunstigste vorm der dwarsdoorsnede van balken.

Voor den gunstigsten vorm der dwarsdoorsnede van balken met het oog op een zoo groot mogelijk weerstandsmoment zal de verhouding tusschen weerstandsmoment W en inhoud F der doorsnede zoo groot mogelijk moeten zijn.

Bij *rechthoekige doorsnede* bedraagt deze

$$\frac{W}{F} = \frac{1}{6}h$$

en is dus evenredig aan de hoogte. Om evenwel het draagvermogen in andere richting dan die der langste hoofdas niet te klein te doen zijn, neemt men bij houten balken de breedte minstens gelijk aan een derde van de hoogte.

Voor balken, waarvan er slechts één uit een boomstam wordt gezaagd, bedraagt de gunstigste verhouding voor het grootste draagvermogen

$$b : h = \tfrac{1}{2} \sqrt{2} = 0{,}707$$

en voor de kleinste doorbuiging

$$b : h = \tfrac{1}{3} \sqrt{3} = 0{,}577.$$

Om de verschillende andere doorsneden op het draagvermogen bij doorbuiging te beoordeelen kan men daarvoor de waarde

$$C = \frac{J}{e\, F^{3/2}} = \frac{W}{F^{3/2}} = \frac{i^2}{e \sqrt{F}}$$

berekenen, waarin e de afstand van de uiterste getrokken vezel tot de neutrale as en i de traagheidsstraal $= \sqrt{\frac{J}{F}}$

Hoe grooter c bij gelijke F, hoe beter het materiaal verdeeld is.

Bij gietijzeren balken, waar de weerstand bij druk grooter is dan bij trek nl. 2 à 5 maal, zullen ook de afstanden tot de neutrale as in deze verhouding moeten zijn.

Berekening van belaste balken.

Voor de berekening van de onbekende krachten en momenten bij belastingen van constructies kan men gebruik maken van de evenwichtsvoorwaarden:

1. dat de som der ontbondenen van de uitwendige krachten in de richting van zekere aangenomen as gelijk nul moet zijn.
2. dat de som der ontbondenen van dezelfde krachten in de richting van een op bovengenoemde as loodrechtstaande as eveneens gelijk nul moet zijn en
3. dat de som der uitwendige momenten gelijk nul moet zijn.

Kunnen uit deze drie evenwichtsvergelijkingen de onbekende grootheden worden berekènd, dan is het geval *statisch bepaald.* Blijven één of meer onbekenden over, dan spreekt men van *een-* of *meervoudig statisch onbepaalde* gevallen. Om deze onbekenden op te lossen moet men dan gebruik maken van zoogenaamde elasticiteitsvergelijkingen, welke de grootte der doorbuigingen, verdraaiingen, enz. van de punten van de elastische lijn aangeven en waartusschen door den vorm der constructie of oplegging zekere betrekkingen moeten bestaan.

Vergelijking van de elastische lijn.

De kromtestraal van de elastische lijn wordt uitgedrukt door

$$\rho = \pm \frac{\left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

en daar voor een willekeurig punt het buigend moment

$$M_x = \frac{EJ_x}{\rho_x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

volgt uit (1) en (2) (bij het maken van een kleine fout door $\frac{dy}{dx}$ ten opzichte van de eenheid te verwaarloozen)

$$M_x = - E\, J_x \frac{d^2y}{dx^2}$$

of

$$\frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{M_x}{EJ_x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Geïntregeerd geeft bij constante E

$$\frac{dy}{dx} = \varphi = C - \frac{1}{E} \int \frac{M_x}{J_x}\, dx$$

waarin C de grootte van den hellingshoek van de elastische lijn bij x = 0.
Nogmaals geïntegreerd geeft de doorbuiging:

$$y = C_1 + Cx - \frac{1}{E} \int dx \int \frac{Mx}{J_x} dx$$

Elasticiteitsvergelijkingen.

1. Doorbuiging van het eindpunt van een aldaar met P belaste en aan het andere einde ingeklemde staaf of balk van constante doorsnede:

$$y = \frac{Pl^3}{3EJ}$$

waarin l de lengte van de staaf.

2. Hoek, welken de raaklijn aan het einde van de sub. 1 genoemde staaf met de oorspronkelijke lengteas maakt:

$$\frac{dy}{dx} = \varphi = \frac{Pl^2}{2EJ}$$

3. Doorbuiging van het eindpunt van een gelijkmatig belaste staaf of balk van constante doorsnede, welke aan het andere einde is ingeklemd:

$$y = \frac{ql^4}{8EJ}$$

4. Hoek, welken de raaklijn aan het einde van de sub. 3 genoemde staaf met de oorspronkelijke lengteas maakt:

$$\frac{dy}{dx} = \varphi = \frac{ql^3}{6EJ}$$

5. Doorbuiging van het eindpunt van een aldaar met een moment M belaste staaf of balk van constante doorsnede:

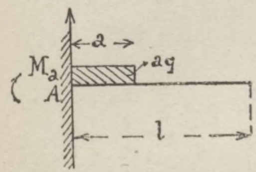
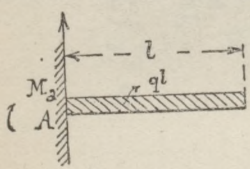
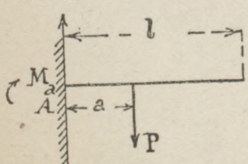
$$y = \frac{Ml^2}{2EJ}$$

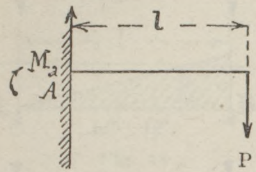
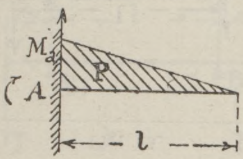
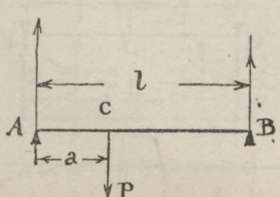
6. Hoek, welken de raaklijn aan het einde van de sub. 5 genoemde staaf met de oorspronkelijke lengteas maakt:

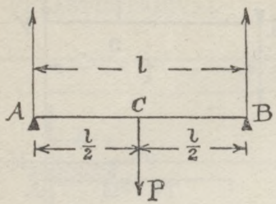
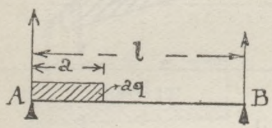
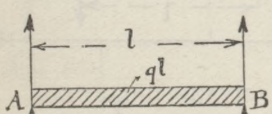
$$\frac{dy}{dx} = \varphi = \frac{Ml}{EJ}$$

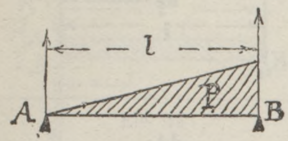
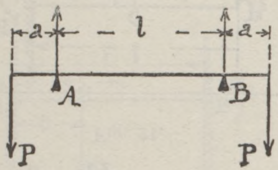
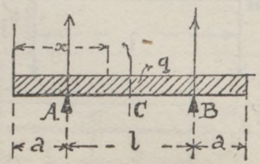
Formules betrekking hebbende op de meest voorkomende belastingsgevallen van balken.

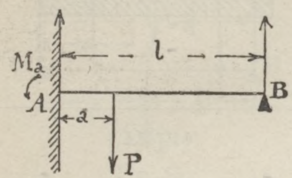
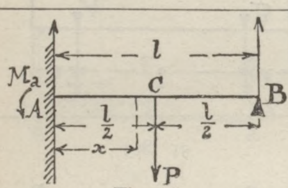
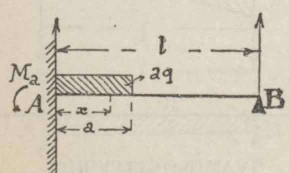
P = de grootte van een enkelen last,
q = de belasting per eenheid van lengte,
T = de toe te laten trekspanning in het materiaal.

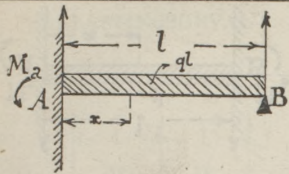
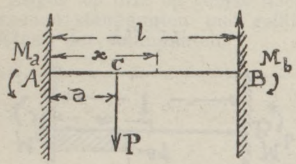
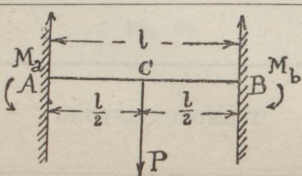
BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagver-mogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaar-lijke doorsnede
STATISCH BEPAALDE BELASTINGSGEVALLEN					
 Fig. 9.	A = aq	$M_a = -\frac{a^2q}{2}$ $M_{max} = \frac{a^2q}{2}$	$W = \frac{a^2q}{2T}$ $a\,q = \frac{2WT}{a}$	aan het einde $f_l = \frac{1}{24}\, a^3(4l - a)\,\frac{q}{E\,J}$	bij A
 Fig. 10.	A = ql	$M_a = -\frac{ql^2}{2}$ $M_{max} = \frac{ql^2}{2}$	$W = \frac{ql^2}{2T}$ $q\,l = \frac{2WT}{l}$	aan het einde: $f_l = \frac{ql^4}{8E\,J}$	bij A
 Fig. 11.	A = P	$M_a = -\,aP$ $M_{max} = aP$	$W = \frac{Pa}{T}$ $P = \frac{WT}{a}$	aan het einde: $f_l = \frac{1}{6}\, a^2\,(3l - a)\,\frac{P}{E\,J}$	bij A

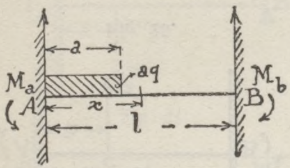
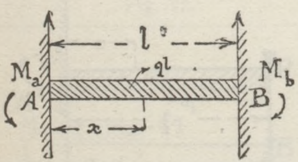
BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagver-mogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaar-lijke doorsnede
 Fig. 12.	$A = P$	$M_a = -Pl$ $M_{max} = Pl$	$W = \frac{Pl}{T}$ $P = \frac{WT}{l}$	aan het einde: $f_l = \frac{Pl^3}{3EJ}$	bij A
 Fig. 13.	$A = P$	$M_a = -\frac{Pl}{3}$ $M_{max} = \frac{Pl}{3}$	$W = \frac{Pl}{3T}$ $P = \frac{3WT}{l}$	aan het einde: $f_l = \frac{Pl^3}{15EJ}$	bij A
 Fig. 14.	$A = \frac{l-a}{l} P$ $B = \frac{a}{l} P$	$M_{max} = \frac{a(l-a)}{l} P$ in C	$W = \frac{a(l-a)P}{Tl}$ $P = \frac{WTl}{a(l-a)}$	$f_c = \frac{Pa^2(l-a)^2}{3lEJ}$ De max. doorbuiging treedt op in een punt op een afstand x uit het linker steunpunt, als $x = a\sqrt{1/3 + \frac{2(l-a)}{3a}}$ voor het geval $a > l-a$ en in een punt op een afstand x^1 uit het rechter steunpunt, als $x^1 = (l-a)\sqrt{1/3 + \frac{2(a}{3(l-a)}}$ voor het geval $a < l-a$.	bij C

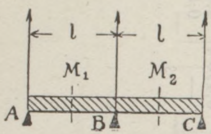
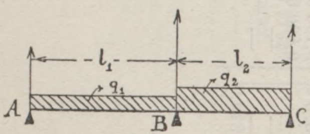
BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagver-mogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaar-lijke doorsnede
 Fig. 15.	$A = B = \frac{P}{2}$	$M_{max} = \frac{Pl}{4}$ in C	$W = \frac{Pl}{4T}$ $P = \frac{4WT}{l}$	$f_{max} = \frac{Pl^2}{48EJ}$ in C	bij C
 Fig. 16.	$A = \frac{a(2l—a)}{2l}\, q$ $B = \frac{a^3}{2l}\, q$	$M_{max} = \frac{A^2}{2q}$ tusschen $x = o$ en $x = a$, voor $x = \frac{A}{q}$	$W = \frac{a^2(2\ l — a)^2 q}{8l^2 T}$ $q = \frac{8l^2 WT}{a^2(2l—a)^2}$	$f_{max} = \frac{a^2\ (2l^2—a^2)}{36l}\sqrt{\frac{2l^2—a^2}{6}} \times \frac{q}{E\,J}$ tusschen $x=a$ en $x=l$, voor $x = l — \sqrt{\frac{2\ l^2—a^2}{6}}$ Voor $x = a = 0{,}453\ l$ wordt $f_{max} = \frac{0{,}0056\ l^4 q}{E\ J}$	
 Fig. 17.	$A = B = \frac{ql}{2}$	$M_{max} = \frac{ql^2}{8}$ in het midden.	$W = \frac{ql^3}{8T}$ $P=ql^2= \frac{8WT}{l}$	$f_{max} = \frac{5\ ql^4}{384\ E\ J}$ in het midden	in het midden

BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagvermogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaarlijke doorsnede
 Fig. 18	$A = \frac{P}{3}$ $B = \frac{2P}{3}$	$M_{max} = 0{,}128Pl$	$W = \frac{Pl}{7{,}79\,T}$ $P = \frac{7{,}79WT}{l}$	$f_{max} = \frac{0{,}013Pl^3}{EJ}$ voor $x = 0{,}519\,l$	voor $x = 0{,}577\,l$
 Fig. 19.	$A = B = P$	$M_{max} = Pa$	$W = \frac{Pa}{T}$ $P = \frac{WT}{a}$	f in het midden $= \frac{Pl^2a}{8EJ}$	Overal in AB
 Fig. 20	$A = B = \frac{q(l + 2a)}{2}$	$M_{max} = \frac{1}{2}qa^2$ in A of B of $\frac{1}{8}q\,(l^2 - 4a^2)$ in C als a > of < 0,353 5 l Voor $a = 0{,}3535\,l = 0{,}207 \times (l + 2\,a)$ wordt $M_a = M_b = M_c$	Bij $M_a = M_b = M_c$ is $W = \frac{P\,(l+2a)}{47T}$ of $P = \frac{47WT}{l + 2a}$ waarin $P = q\,(l + 2a)$		In A, B en C

BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagver-mogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaar-lijke doorsnede
STATISCH ONBEPAALDE BELASTINGSGEVALLEN.					
 Fig. 21.	$A = \frac{2\,l^3 - 3l\,a^2 + a^3}{2l^3}\,P$ $B = \frac{a^2(3l - a)}{2\,l^3}\,P$	$M_a = -\frac{a}{2l^2}\,(l - a)\,(2l - a)P$ $M_{max} = -\ 0{,}1925\ lP$ voor $a = 0{,}4226\ l$	$W = \frac{0{,}4226\ Pl}{T}$ $P = \frac{WT}{0{,}4226\ l}$	$f_{max} = 0{,}009\,87\ \frac{l^3P}{E\,J}$ voor $x = a = 0{,}5858\ l$ Voor $a > 0{,}5858\ l$ valt de max. doorbuiging in het linker-, voor $a < 0{,}5858\ l$ in het rechtervak.	bij A
 Fig. 22.	$A = \frac{11}{16}\,P$ $B = \frac{5}{16}\,P$	$M_a = -\frac{3}{16}\,PL$ $M_{max} = \frac{5}{32}\,Pl$ bij C Moment $= 0$ voor $x = \frac{3}{11}\ l$	$W = \frac{3\ Pl}{16T}$ $P = \frac{16WT}{3\,l}$	$f_{max} = \frac{P\,l^3\sqrt{5}}{240\ E\,J} = 0{,}009\,87\,l^3\frac{P}{EJ}$ voor $x = 0{,}5528\ l$ f bij $C = \frac{7Pl^3}{768\ E\,J}$ $= 0{,}009\,11\ \frac{Pl^3}{E\ J}$	bij A
 Fig. 23.	$A = \frac{a(8l^3 - 4a^2l + a^3)}{8\ l^3}\,q$ $B = \frac{a^3\,(4l - a)}{8\ l^3}\,q$	$M_a = -\ \frac{a^2}{8\ l^2}\,(2\ l - a)^2q$ $M_{max} = \frac{q}{2}\left\{\left(\frac{A}{q}\right)^2 + 2\frac{M_a}{q}\right\}$ voor $x = \frac{A}{q}$ $M = 0$ voor $x = \frac{A}{q} - \sqrt{\left(\frac{A}{q}\right)^2 + 2\frac{M_a}{q}}$		$f_{max} = 0{,}002\,515\ \frac{l^4q}{E\ J}$ voor $x = a = 0{,}5155\ l$ Voor $a > 0{,}5155\ l$ valt de max. doorbuiging in het belaste en voor $a < 0{,}5155\ l$ in het onbelaste gedeelte.	bij A

BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagver-mogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaar-lijke doorsnede
 Fig. 24.	$A = {}^5/_8\, ql$ $B = {}^3/_8\, ql$	$M_a = -\frac{ql^2}{8} = M_{max}$ $M_x \max = \frac{9}{128} ql^2$ voor $x = {}^5/_8\, l$ $M = 0$ voor $x = \frac{1}{4}\, l$	$W = \frac{q\, l^2}{8\, T}$ $P = ql = \frac{8\, WT}{l}$	$f_{max} = \frac{ql^4}{185 E\, J} = 0{,}005\, 4 \frac{ql^4}{E\, J}$ voor $x = 0{,}5785\, l$	bij A
 Fig. 25.	$A = \frac{P(l-a)^2(l+2a)}{l^3}$ $B = \frac{Pa^2(3l-2a)}{l^3}$	$M_a = -\frac{Pa\,(l-a)^2}{l^3}$ $M_b = \frac{P(l-a)\, a^2}{l^5}$ M_a is maximum voor $a = {}^1/_3$ en gelijk $-\frac{4}{27} Pl$ $M_{max} = \frac{2a^2(l-a)^2}{l^3}\, P$ voor $x = a$ $M = 0$ voor $x = \frac{al}{l+2a}$ en $x = \frac{l(2l-a)}{3l-2a}$		Bij $a < \frac{l}{2}$ is: $f_{max} = {}^2/_3\, \frac{a^3(l-a)^2\, P}{(3l-2a)^2\, E\, J}$ op afstand $x = \frac{l^3}{3l-2a}$ Bij $a > \frac{l}{2}$ is: $f_{max} = {}^2/_3\, \frac{a^3(l-a)^2\, P}{(l+2a)^2\, E\, J}$ bij $x = \frac{2\, a\, l}{l+2a}$	bij A, B en C
 Fig. 26.	$A = \frac{P}{2}$ $B = \frac{P}{2}$	$Ma = -{}^1/_8 Pl$ $Mb = {}^1/_8 Pl$ $M_{max} = {}^1/_8 Pl$ voor $x = \frac{l}{2}$ $M = 0$ voor $x = \frac{1}{4} l$ en $\frac{3}{4}\, l$	$W = \frac{Pl}{8t}$ $P = \frac{8WT}{l}$	$f_{max} = \frac{1}{192} \frac{Pl^3}{E\, J}$	bij A, B en C.

BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagvermogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaarlijke doorsnede
 Fig. 27.	$A = \dfrac{a\,(2l^3-2la^2+a^3)}{2\,l^3}\,q$ $B = \dfrac{a^3(2l-a)}{2\,l^3}\,q$	$M_a = -\dfrac{a^2(6l^2-8la+3a^2)}{12l^2}\,q$ $M_b = \dfrac{a^3(4l-3a)}{12l^2}\,q$ $M_{max} = {}^1/_2 \left\{\left(\dfrac{A}{q}\right)^2 + 2\dfrac{M_a}{q}\right\} q$ voor $x = \dfrac{A}{q}$ $M = 0$ voor: $x = \dfrac{A}{q} - \sqrt{\left(\dfrac{A}{q}\right)^2 + 2\dfrac{M_a}{q}}$ en voor $x = \dfrac{8\,l - 3a}{6(2\,l - a)}\,l.$		Voor $x = a = 0{,}422\ l$ is $f_{max} = 0{,}000\ 95\ \dfrac{ql^4}{E\,J}$ Voor $a > 0{,}422\ l$ valt de maximum doorbuiging in het belaste en voor $a < 0{,}422\ l$ in het onbelaste gedeelte.	
 Fig. 28.	$A = B = \dfrac{ql}{2}$	M_{max} in A en B. $M_a = -{}^1/_{12}\,ql^2$ $M_b = {}^1/_{12}ql^2$ $M = {}^1/_{24}\,ql^2$ voor $x = \dfrac{l}{2}$ $M = 0$ voor $x = 0{,}211\ l$ en $0{,}789\ l$	$W = \dfrac{q\,l^2}{12\ T}$ $P = ql = \dfrac{12\,W\,T}{l}$	$f_{max} = {}^1/_{384}\ \dfrac{ql^4}{E\,J}$ in het midden.	bij A en B

BELASTINGSGEVAL	Steunpunts-reacties	Buigingsmomenten M	Weerstands-moment W en draagvermogen P of ql	Grootste doorbuiging f	Gevaarlijke doorsnede
 Fig. 29. Ligger op drie op gelijke hoogte liggende steunpunten met gelijken afstand der steunpunten.	A = 0,375 ql B = 1,25 „ C = 0,375 „	$M_b = 0{,}125\ ql^2$ $M_1 = M_2 = 0{,}070\,3\ ql^2$		Wordt bij een ligger op drie steunpunten het middensteunpunt $0{,}0131\frac{ql^4}{EJ}$ lager gelegd, dan is $M_b = M_1 = M_2 = 0{,}0858\ ql^2$ en $A = 0{,}4142\ ql$, $B = 1{,}1716\ ql$ waardoor het draagvermogen 1,457 maal zoo groot wordt.	bij A
 Fig. 30.	$A = \frac{q_1 l_1}{2} - \frac{q_1 l_1^3 + q_2 l_2^3}{8\, l_1 (l + l_2)}$ $B = \frac{q_1 l_1}{2} + \frac{q_2 l_2}{2} + \frac{q_1 l_1^3 + q_2 l_2^3}{8\, l_1 l_2}$ $C = \frac{q_2 l_2}{2} - \frac{q_1 l_1^3 + q_2 l_2^3}{8\, l_2 (l_1 + l_2)}$	$M_b = \frac{q_1 l_1^3 + q_2 l_2^3}{8\,(l_1 + l_2)}$ $M_a = M_c = 0$			

Doorgaande liggers op meerdere even hoog gelegen steunpunten bij gelijke velden. Fig. 31.

Buigingsmomenten.

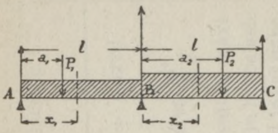


Fig. 31.

Voor de bepaling der buigingsmomenten in de verschillende steunpunten heeft men voor elk paar beschouwde velden de driemomentenvergelijking:

$$M_a + 4M_b + M_c + \frac{\Sigma P_1 a_1 (l^2 - a_1^2)}{l^2} + \frac{\Sigma P_2 a_2 (l - a_2)(2l - a^2)}{l^2} + \tfrac{1}{4} q_1 l^2 + \tfrac{1}{4} q_2 l^2 = 0$$

Gelijkmatige belasting der velden.

Steunpunts-reacties	Aantal steunpunten							Eenheden
	3	4	5	6	7	8	9	
A	0,375	0,4	0,392 9	0,394 7	0,394 2	0,394 4	0,394 3	q l
B	1,25	1,1	1,142 8	1,131 7	1,134 6	1,133 7	1,134	,,
C	—	—	0,928 6	0,973 6	0,961 6	0,964 9	0,964	,,
D	—	—	—	—	1,019 2	1,007	1,010 3	,,
E	—	—	—	—	—	—	0,994 8	,,
Steunpunts-momenten								
M_b	— 0,125	— 0,10	—0,107 1	—0,105 3	—0,105 8	—0,105 6	—0,105 7	ql^2
M_c	—	— 0,10	—0,071 4	—0,078 9	—0,076 9	—0,077 5	—0,077 3	,,
M_d	—	—	—	—	—0,086 5	—0,084 5	—0,085 0	,,
M_e	—	—	—	—	—	—	—0,082 5	,,
Maximum-momenten in de velden								
M_1	+0,070 3	+0,080 0	+0,077 2	+0,077 9	+0,077 7	+0,077 8	+0,077 7	ql^2
M_2	—	+0,025 0	+0,036 4	+0,033 2	+0,034 0	+0,033 8	+0,033 9	,,
M_3	—	—	—	+0,046 1	+0,043 3	+0,044 0	+0,043 8	,,
M_4	—	—	—	—	—	+0,040 5	+0,041 2	,,
Afstanden der punten, waarin de momenten M_1, M optreden (zie fig.)								
x_1	0,375 0	0,400 0	0,393 0	0,394 7	0,394 2	0,394 4	0,394 3	l
x_2	—	0,500 0	0,535 7	0,526 4	0,532 7	0,528 1	0,528 3	,,
x_3	—	—	—	0,500 0	0,490 4	0,493 0	0,492 3	,,
x_4	—	—	—	—	—	0,500 0	0,502 6	,,

Afstanden der buigpunten in de elastische lijn tot het nabijgelegen linkersteunpunt	Aantal steunpunten.							Eenheden
	3	4	5	6	7	8	9	
y_1	0,750 0	0,800 0	0,786 0	0,789 4	0,788 4	0,788 7	0,788 7	1
y_2 {	—	0,276 0 0,724 0	0,265 9 0,805 5	0,268 0 0,783 0	0,267 5 0,789 9	0,268 0 0,788 4	0,268 0 0,789 0	„ „
y_3 {	—			0,196 4 0,803 6	0,196 0 0,785 0	0,196 2 0,789 7	0,196 0 0,788 0	„ „
y_4 {	—					0,215 3 0,784 7	0,215 0 0,790 0	„ „

Invloed van een toevallige gelijkmatige belasting van p KG per eenheid van lengte op één of meer gelijke velden van een ligger met meerdere steunpunten.

	3 steunpunten.		4 steunpunten.		5 steunpunten.		Eenheden
	+ moment	— moment	+ moment	— moment	+ moment	— moment	
1e veld enkel belast							
$x_1 = 0{,}4\,l$	0.095 00 max.	—	0,100 max.	—	0,098 57 max.	—	pl^2
$x_1 = l$ of M_b	0	—	—	—		—	„
2e veld enkel belast							
$x_1 = 0{,}4\,l$	—	0,025	—	0,02	—	0,021 43	„
$x_2 = 0{,}5\,l$	—	—	0,075 max.	—	0,080 36	—	„
1e en 2e veld enkel belast							
$x_1 = l$ of M_b	—	0,125 00	—	0,11667 max.	—	0,120 54 max.	„
$x_2 = l$ of M_c	—	—	0,016 67	—	0,013 4	—	„

Doorgaande liggers op meerdere niet evenhoog gelegde steunpunten bij ongelijke velden. Fig. 32.

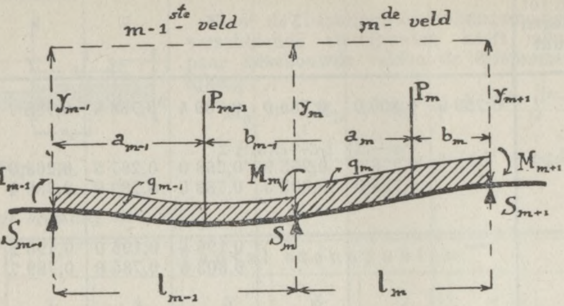


Fig. 32.

Momenten.

Tusschen drie opeenvolgende momenten in de steunpunten bestaat de betrekking (formule van Clapeyron):

$$M_{m-1}\, l_{m-1} + 2\, M_m (l_{m-1} + l_m) + M_{m+1}\, l_m + \frac{\Sigma P_{m-1}\, a_{m-1}\, b_{m-1}}{l_{m-1}} \times$$

$$(l_{m-1} + a_{m-1}) + \frac{\Sigma P_m\, a_m\, b_m}{l_m} (l_m + b_m) + \tfrac{1}{4} \left\{ q_{m-1}\, l^3_{m-1} + q_m\, l_m^3 \right\}$$

$$+ 6EI \left\{ \frac{y_{m-1} - y_m}{l_{m-1}} - \frac{y_m - y_{m+1}}{l_m} \right\} = 0$$

Steunpuntsreacties.

De steunpuntsreacties worden bepaald, wanneer de momenten in de n steunpunten bekend zijn. Zijn deze achtereenvolgens M_1 (= 0), M_2 . . , M_{m-1}, M_m, dan is de reactie:

$$S_n = S_1 = \frac{1}{l_1} \left\{ M_2 + P_1 b_1 + \tfrac{1}{2} q\, l^2_1 \right\}$$

$$S_{n-1} = S_2 = \frac{1}{l_2} \left\{ M_3 + P_1 (b_1 + l_2) + P_2 b_2 + \tfrac{1}{2} q (l_1 + l_2)^2 - S_1 (l_1 + l_2) \right\}$$

$$S_{n-2} = S_3 = \frac{1}{l_3} \left\{ M_4 + P_1 (b_1 + l_2 + l_3) + P_2 (b_2 + l_3) + P_3 b_3 + \tfrac{1}{2} q (l_1 + l_2 + l_3)^2 - \right.$$

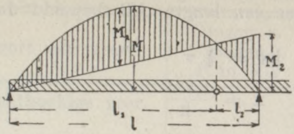
$$\left. - S_1 (l_1 + l_2 + l_3) - S_2 (l_2 + l_3) \right\} \text{ enz.}$$

Gerbersche scharnierliggers.

De Gerbersche scharnierliggers zijn doorgaande liggers, welke door het aanbrengen van scharnieren in de velden statisch bepaald zijn geworden, terwijl door doelmatige plaatsing dezer scharnieren de steunpuntsmomenten gelijk aan de grootste veldmomenten zijn gemaakt. De afstand der scharnierpunten tot de steunpunten hangt dus van de belasting en de veldverdeeling af.

Bij *gelijkmatig verdeelde belasting* heeft men in

Geval 1, bij plaatsing van het scharnier in een buitenveld (fig. 33)



$$l_1 = l\,(\sqrt{8} - 2) = 0{,}8284\ l$$
$$l_2 = l\,(3 - \sqrt{8}) = 0{,}1716\ l$$
$$M_1 = M_2 = 0{,}6863\ M$$

Fig. 33.

Geval 2, bij plaatsing in een middenveld (fig. 34)

$$l_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\, l = 0{,}706\ l$$
$$l_2 = \quad 0{,}147\ l$$
$$M_1 = M_2 = 0{,}5\ M$$

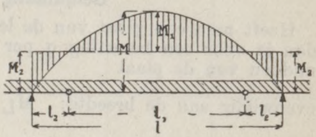


Fig. 34.

Doorgaand ondersteunde balken met bovenbelasting.

Heeft de balk constante dwarsdoorsnede en is op een willekeurig punt de druk per lengte-eenheid $= q$ en de indrukking y en stelt men deze evenredig aan den druk alzoo

$$q = \alpha\, y$$

dan is de differentiaalvergelijking van de elastische lijn:

$$\alpha y = q = \frac{dV}{dx}$$

of daar
$$V = \frac{dM}{dx} \qquad \text{en } M = -\,EJ\,\frac{d^2y}{dx^2}$$

is
$$\alpha y = -\,EJ\,\frac{d^4y}{dx^4}$$

of
$$\frac{d^4y}{dx^4} = -\,\frac{\alpha}{EJ}\,y$$

Stelt men
$$\frac{\alpha}{EJ} = 4k^4 \text{ alzoo } k = \sqrt[4]{\frac{\alpha}{4\,EJ}}$$

dan is de intregaal van de differentiaalvergelijking bij e = basis van het logarithmenstelsel:

$$y = (Ae^{kx} + Be^{-kx}) \cos kx + (Ce^{kx} + De^{-kx}) \sin kx.$$

Heeft men het geval van een last P in het midden van den balk, dan is bij het midden als oorsprong genomen

$$P = 2\int_0^l q\,dx = -\,\frac{\alpha}{2\,k^4}\int_0^l \frac{d^4y}{dx^4}\,dx$$

en kan men verder uit de voorwaarden, waaraan de elastische lijn moet voldoen, afleiden, dat benaderd

$$y = \frac{Pk}{2\alpha}\, e^{-kx} (\cos kx + \sin kx)$$

De maxima voor y en M treden op voor $x = 0$ alzoo

$$y_{max} = \frac{Pk}{2\alpha}$$

$$M_{max} = \frac{P}{4\,k}$$

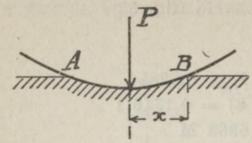


Fig. 35.

Is de balk aan den onderlaag niet vast verbonden, dan zakt hij in over een lengte AB bepaald door (fig. 35)

$$kx = \tfrac{1}{2}\pi$$

of

$$x = \frac{1{,}571}{k}$$

Berekening van belaste platen.

Gelijkmatig belaste opgelegde platen.

Heeft men een plaat van de lengte L en de breedte l aan de randen opgelegd, dan is voor een belasting q per vierkante eenheid het buigingsmoment in het midden van de plaat

evenwijdig aan de breedte: $M_L = \frac{qL^2}{8} \frac{l^4}{L^4 + l^4}$

en evenwijdig aan de lengte: $M_l = \frac{ql^2}{8} \frac{L^4}{L^4 + l^4}$

welk laatste moment grooter zal zijn en de afmetingen bepaalt.

In het geval van een vierkante plaat met de zijde l is

$$M = {}^1/_{16}\, ql^2$$

Waarden van $\frac{L^4}{L^4 + l^4} = \alpha$ en $\frac{l^4}{L^4 + l^4} = \beta$

$\frac{L}{l}$	α	β	$\frac{L}{l}$	α	β
1,0	0,500	0,500	1,6	0,867	0,133
1,1	0,592	0,408	1,7	0,892	0,108
1,2	0,675	0,325	1,8	0,912	0,088
1,3	0,740	0,260	1,9	0,929	0,071
1,4	0,798	0,202	2,0	0,941	0,059
1,5	0,835	0,165	—	—	—.

Berekening van veeren.

Neemt men een belasting aan beneden de proportionaliteitsgrens van het materiaal, dan is de arbeid, die door een veer bij haar doorbuiging of wringing opgenomen wordt:

$$A = \frac{Pf}{2} = \frac{1}{c} \frac{\sigma_b^2}{E} V \quad \text{bij buiging}$$

of ook

$$= \frac{1}{c} \frac{\sigma_w^2}{G} V \quad \text{bij wringing, waarbij}$$

P het draagvermogen of de belasting der veer in KG,

f de doorbuiging, behoorende bij deze belasting,

σ_b de toe te laten buigspanning in KG/cM^2,

σ_w de toe te laten wringingsspanning in KG/cM^2 (bij goed gehard veerenstaal = 4500),

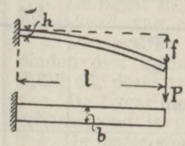
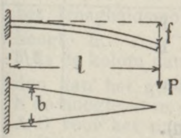
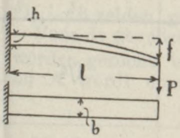
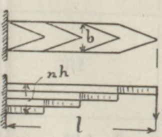
E de elasticiteitsmodulus van het materiaal in KG/cM^2,

G de glijdingsmodulus van het materiaal in KG/cM^2 (bij goed gehard veerenstaal = 850 000),

V het volume van de veer in cM^3,

en $\frac{1}{c}$ een coëfficiënt, welke alleen van den vorm van de veer afhangt.

Gewone buigveeren.

Soort van veer	Draagvermogen P in KG	Doorbuiging f in cM	Coëfficiënt 1/c	Vorm van de elastische lijn.
Rechthoekige veer.  Fig. 36.	$\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma b}{l}$	$4\frac{l^3}{bh^3}\frac{P}{E}$ of $\frac{2}{3}\frac{l^2}{h}\frac{\sigma b}{E}$ maximum	1/18	
Driehoekige veer.  Fig. 37.	$\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma b}{l}$	$6\frac{l^3}{bh^3}\frac{P}{E}$ of $\frac{l^2}{h}\frac{\sigma b}{E}$ maximum	1/6	cirkelboog
Rechthoekige veer volgens een parabool toegepunt.  Fig. 38.	$\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma b}{l}$	$6\frac{l^3}{bh^3}\frac{P}{E}$ of $\frac{l^2}{h}\frac{\sigma b}{E}$ maximum	1/9	cirkelboog
n op elkaar gelegde driehoekveeren.  Fig. 39.	$n\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma b}{l}$ waaruit: $n = \frac{Pl}{\frac{1}{6}bh^2\sigma b}$	$6\frac{l^3}{nbh^3}\frac{P}{E}$ of $\frac{l^2}{h}\frac{\sigma b}{E}$ maximum	1/6	cirkelboog

Gewonden buigveeren. Bourdon- of horlogeveeren.*)

De veer zelf wordt bij het gebruik gebogen; de belasting bestaat in een krachtmoment P.r waarmede het veermidden wordt gedraaid of vastgehouden. De totale veerlengte is l en ω de hoek van draaiing.

Soort	Draagvermogen P in KG	Doorbuiging f in cM	Coëfficiënt 1/c
Spiraalveer van rechthoekige doorsnede.	$\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma_b}{r}$	$f = r\omega = 12\frac{lr^2}{bh^2}\frac{P}{E}$ $= \frac{2\,r\,l}{h}\frac{\sigma_b}{E}$ maximum	1/6
Schroefveer van rechthoekige doorsnede.	$\frac{bh^2}{6}\frac{\sigma_b}{r}$	$f = r\omega = 12\frac{l\,r^2}{b\,h^3}\frac{P}{E}$ $= \frac{2\,r\,l}{h}\frac{\sigma_b}{E}$ maximum	1/6
Idem van cirkelvormige doorsnede.	$\frac{\pi\,d^3}{32}\frac{\sigma_b}{r}$	$f = r\omega = \frac{64}{\pi}\frac{l\,r^2}{d^4}\frac{P}{E}$ $= \frac{2\,r\,l}{d}\frac{\sigma_b}{E}$ maximum	1/8

Gewonden wringingsveeren (trek- en drukveeren).

De veer zelf wordt door het trekken of drukken gewrongen.

In de formule is r de straal van de aslijn der winding in cM, n het aantal windingen en d de dikte van de cirkelvormige doorsnede der veer.

Soort	Draagvermogen P in KG	Indrukking of uitrekking f in cM	Coëfficiënt 1/c
Cilindrische schroefveer van cirkelvormige doorsnede. †)	$\frac{\pi\,d^3}{16}\frac{\sigma_w}{r} =$ $0{,}196\,3\,\frac{d^3}{r}\sigma_w$	$\frac{64\,n\,r^3}{d^4}\frac{P}{G} =$ $\frac{4\,\pi\,n\,r^2}{d}\frac{\sigma_w}{G}$ maximum	1/4
Idem met rechthoekige doorsnede b×h.	$\frac{2}{9}b^2h\,\frac{\sigma_w}{r}$	$7{,}2\,\pi\,nr^3\frac{b^2+h^2}{b^3\,h^3}\frac{P}{G} =$ $1{,}6\,\pi\,nr^2\frac{b^2+h^2}{bh^2}\frac{\sigma_w}{G}$ maximum.	$\frac{4}{45}\left(\frac{b^2}{h^2}+1\right)$ (bij b = h het grootst).
Kegelveer met cirkelvormige doorsnede. §)	$\frac{\pi\,d^3}{16}\frac{\sigma_w}{r} =$ $0{,}1963\,\frac{d^3}{r}\sigma_w$	$16\,n\frac{r^3}{d^4}\frac{P}{G} =$ $\pi\,n\,\frac{r^2}{d}\frac{\sigma_w}{G}$ maximum	1/8
Idem met rechthoekige doorsnede (bufferveeren). §)	$2/9\,\frac{b^2h}{r}\sigma_w$	$1{,}8\,\pi\,nr^3\frac{b^2+h^2}{b^3h^3}\frac{P}{G} =$ $0{,}4\,\pi\,nr^2\frac{b^2+h^2}{b^2h^2}\frac{\sigma_w}{G}$ maximum	$\frac{2}{45}\left(\frac{b^3}{h^3}+1\right)$ (bij b = h het grootst).

*) Zie Zeitschrift der Vereins deutscher Ingenieure 1910 bldz. 1863.
†) Zie Z. d. V. d. I. 1891 bldz. 1398.
§) Zie Z. d. V. d. I. 1900 bldz. 1791.

Berekening van raamconstructies.

Ontleend aan „De Ingenieur" 1918 bldz. 848. Berekening en toepassing der meest voorkomende raamconstructies door Ir. J. de Booy, Jr.

Men heeft de meest voorkomende typen

1. De ligger der raamconstructie aan het eene uiteinde scharnierend opgelegd en aan het andere uiteinde deel uitmakend van een kolom.
2. De ligger aan beide uiteinden deel uitmakend van een kolom.
3. De ligger in het geheel op drie steunpunten rustend en aan de uiteinden deel uitmakend van een kolom.
4. De ligger in het geheel op meer dan drie steunpunten rustend en aan de uiteinden deel uitmakend van een kolom.

Bij elk dezer typen heeft men de volgende drie gevallen :

a. De ligger wordt alleen gesteund door een kolom, welke aan het ondereinde scharnierend is opgelegd.

b. De ligger wordt alleen gesteund door een kolom, welke aan het ondereinde is ingeklemd.

c. De ligger is aan een doorgaande kolom bevestigd, welke dus aan onder- en bovenzijde voorkomt.

Voor elk dezer gevallen zijn de formules in bijgaande staat gegeven, waarbij J_l het traagheidsmoment van den ligger met lengte l en J_h dat van de kolom met hoogte h.

Is de kolom aan het ondereinde ingeklemd, alwaar dus een moment M_a heerscht, dan kan het geval voor een scharnier worden aangenomen, indien daarbij voor h de hoogte h′ in de plaats wordt gesteld, welke hoogte overeenkomt met de lengte A′B voor het punt A′ waar het moment o is.

De grootte van h′ varieert bij inklemming naar gelang van den graad van inklemming tusschen $^2/_3$h (voor zuivere inklemming en h (bij scharnier).

Bij doorgaande kolommen (etagegebouwen) ligt het punt A′ bij zeer geringe belasting van den onderliggenden ligger dicht bij A bij zeer groote belasting daarvan dichter bij B dan bij A. Bij ongeveer gelijke belasting der liggers zal h′ iets grooter zijn dan ½ h. De verschillende momenten staan behalve met de belasting in nauw verband met de verhouding van h tot l en van J_l tot J_h. In de praktijk is $J_l : J_h$ zelden grooter dan 16 of kleiner dan $^1/_8$.

Voor de gevallen 1_b, 2_b en 3_b moet bij gebruikmaking van de tabel de lengte h′ worden gezocht, welke door schatten is te verkrijgen. De grootte van het moment bij A wordt daarbij:

$$M_a = -\frac{h - h'}{h} M_b$$

Verder stelt in de formule M_m het moment in het midden van den ligger voor.

Geval Ia en Ib.

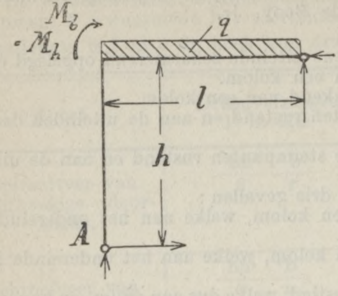


Fig. 40.

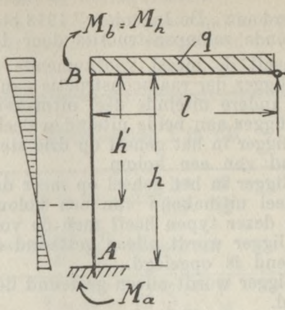


Fig. 41.

$$M_b = M_h = -\frac{1}{8} ql^2 \frac{1}{1 + k}$$

$$Mm = \frac{1}{128} ql^2 \left(\frac{3 + 4\ k}{1 + k}\right)^2$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$ of $k = \frac{h'}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval Ic.

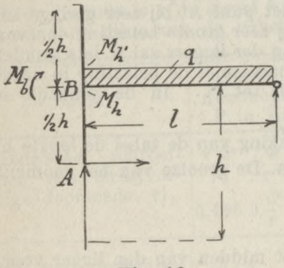


Fig. 42.

$$M_b = 2\ M_h = -2\ M_h' = -\ ½\ ql^2 \frac{1}{4 + k}$$

$$M_m = \frac{1}{8} ql^2 \left(\frac{3 + k}{4 + k}\right)^2$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval IIa en IIb.

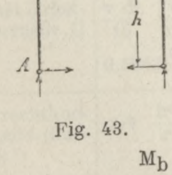


Fig. 43.

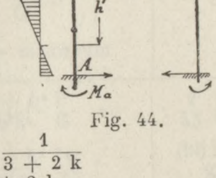


Fig. 44.

$$M_b = M_h = -\frac{1}{4} ql^2 \frac{1}{3 + 2\ k}$$

$$M_m = \frac{1}{8} ql^2 \frac{1 + 2\ k}{3 + 2\ k}$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$ of $\frac{h'}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval IIc.

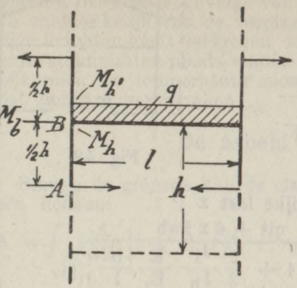


Fig. 45.

$$M_b = 2\,M_h = -\,2\,M_{h'} = -\,½\,ql^2\,\frac{1}{6+k}$$

$$M_m = \frac{1}{8}\,ql^2\,\frac{2+k}{6+k}$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval IIIa en IIIb.

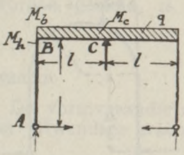


Fig. 46.

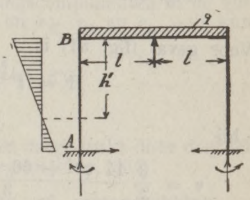


Fig. 47.

$$M_b = 2\,M_h = -\,\frac{1}{4}\,ql^2\,\frac{1}{3+4\,k}$$

$$M_m = \frac{1}{8}\,ql^2\,\frac{q\,k^2+10\,k+3}{(4\,k+3)^2}$$

$$M_c = -\,\frac{1}{4}\,ql^2\,\frac{1+2\,k}{3+4\,k}$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$ of $= \frac{h'}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval IIIc.

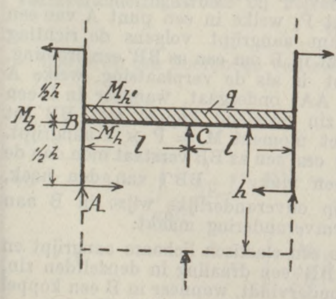


Fig. 48.

$$M_b = 2\,M_h = -\,2\,M_{h'} = -\,\frac{1}{4}\,ql^2\,\frac{1}{3+k}$$

$$M_m = \frac{1}{128}\,ql^2\,\frac{9\,k^2+40\,k+48}{(k+3)^2}$$

$$M_c = -\,\frac{1}{8}\,ql^2\,\frac{2+k}{3+k}$$

waarin $k = \frac{h}{l} \times \frac{J_l}{J_h}$

Geval IIa met gebroken toplijn, waarbij

$$\frac{n}{h} = \varphi$$

$$H = \frac{ql^2}{12h} \times \frac{1 + \frac{5}{8}\varphi}{1 + \varphi\frac{\varphi^2}{3} + \frac{2}{3}\frac{J_l}{J_h}\frac{h}{l}}$$

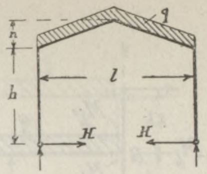


Fig. 49

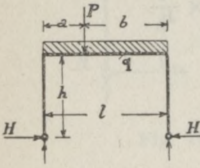


Fig. 50.

Kraanbalk met beweeglijke last Σ P

$$H = \frac{ql^3 + 6\,\Sigma\,Pab}{12\,hl\left\{1 + \frac{2}{3}\frac{J_l}{J_h}\frac{E}{E_1}\frac{h}{l}\right\}}$$

waarbij in den noemer de factor $+ \frac{J_l}{Fh^2}$ (waarin F = constant) verwaarloosd is, als zijnde zeer klein.

Voor geval (fig. 51) is

$$H = P\frac{2\,\varkappa}{l}\sqrt{ab}$$

en bij

$$\frac{h}{r} = \varphi$$

$$\varkappa = \frac{3}{2}\,\frac{14\,\varphi^3 + 66\,\varphi^2 + 84\,\varphi + 33}{8\,\varphi + 7}$$

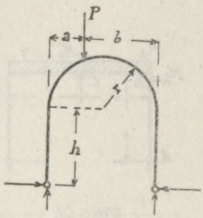


Fig. 51

Stellingen van Maxwell betreffende de wederkeerigheid van elastische verplaatsingen.

1. Een kracht P, welke in een punt A van een elastisch lichaam aangrijpt volgens zekere richting AA', geeft aan een punt B in een willekeurige richting BB' een verplaatsing, die even groot is als de verplaatsing, welke dezelfde kracht P in B volgens deze richting BB' aangrijpend, bewerkt in het punt A in de richting AA'

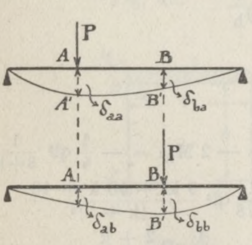


Fig. 52.

Voor den balk in fig. 52 is dus de doorbuiging δ_{ba} in B tengevolge van de kracht P in A evengroot als de doorbuiging δ_{ab} in A tengevolge van dezelfde kracht P in het punt B.

2. Een kracht P, welke in een punt A van een elastisch lichaam aangrijpt volgens de richting AA', veroorzaakt in B om een as BB' een draaiing, die even groot is als de verplaatsing, welke A in de richting AA' ondergaat, wanneer in B een in denzelfden zin draaiend koppel met BB' tot as en met het moment M = P × 1 aangrijpt. Onder draaiing om een as BB verstaat men dan de projectie (op een vlak ⊥ BB') van den hoek, welken een op onveranderlijke wijze in B aan het lichaam verbonden rechte lijn, bij de vormverandering maakt.

3. Een koppel M, hetwelk in een punt A van een elastisch lichaam aangrijpt en AA' tot as heeft, veroorzaakt in B om een as BB' een draaiing in denzelfden zin, die evengroot is, als de draaiing, die A om AA' ondervindt, wanneer in B een koppel van denzelfden zin aangrijpt, hetwelk BB' tot as en eenzelfde moment M heeft.

De stellingen van Maxwell gelden alleen, wanneer de verplaatsing van een punt van het lichaam tengevolge van een uitwendige kracht evenredig is aan deze kracht en onafhankelijk van de verplaatsingen, welke het punt reeds door andere uitwendige krachten heeft verkregen tevens mogen geen wrijvingsweerstanden of zettingen in de steunpunten plaats vinden en bij de vormverandering geen nieuwe steunpunten bijkomen. De temperatuur moet bovendien constant zijn en geen spanningen in het lichaam veroorzaken.

De arbeid van de vormverandering.

Binnen de grenzen van de elasticiteit is de arbeid van de vormverandering van een lichaam

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2E} \left\{ \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \frac{2}{m} (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) \right\} dV(olume)$$

$$+ \int_{vol.} \frac{1}{2G} \left\{ (\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) \right\} dV_{(olume)}$$

Bij de vele gevallen in de praktijk, zooals bij gewone uitrekking, buiging, afschuiving en wringing, waarbij men alleen met de spanningscomponenten in de vlakte-elementen van normale doorsneden te maken heeft en τ_x, σ_y en $\sigma_z = 0$, kunnen worden gesteld, is

$$A = \int \frac{1}{2E} \sigma^2_x \, dV + \int \frac{1}{2G} \tau^2 \, dV$$

waarin

$$\tau^2 = \tau_y^2 + \tau_z^2.$$

De vormveranderingsarbeid kan ook direkt worden uitgedrukt door den arbeid der uitwendige krachten verricht (zie Wet van *Clapeyron* bldz. 334).

Vormveranderingsarbeid in zuivere uitrekking of samendrukking.

Werkt op een doorsnede F_x van een lichaam een normale kracht N_x dan is dus

$$\sigma_x = \frac{N_x}{F_x} \quad \text{en} \quad \tau = 0$$

en

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2E} \sigma^2_x \, dV = \int_{vol.} \frac{N^2_x}{2E\,F^2_x} dV$$

$$= \int_0^l \int_0^F \frac{N^2_x}{2EF^2_x} dF \, dx = \int_0^l \frac{N^2_x}{2EF} dx$$

Vormveranderingsarbeid bij zuivere buiging (met verwaarloozing der afschuiving) van een lichaam.

Werkt op een doorsnede van een lichaam een moment Mx, dan is dus

$$\sigma_x = \frac{M_x \, e}{J}$$

en

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2E} \sigma^2_x \, dV = \int_{vol.} \frac{M^2_x \, e^2}{2\,EJ^2} dV = \int_0^l \int_0^F \frac{M^2_x e^2}{2EJ^2} dF \, dx$$

$$= \int_0^l \frac{M^2_x}{2EJ^2} Fe^2 \, dx = \int_0^l \frac{M^2_x}{2EJ} dx$$

Vormveranderingsarbeid bij zuivere afschuiving.

Werkt op een doorsnede de afschuivende kracht V_x, dan is bij zuivere afschuiving, wanneer een gemiddelde schuifspanning $\frac{V_x}{F_x}$ aangenomen wordt

$$A = \int_{vol.} \frac{1}{2G} \frac{V^2_x}{F^2_x} dV = \int_0^l \int_0^F \frac{V^2_x}{2GF^2_x} dF\, dx = \int_0^l \frac{V^2_x}{2GF_x} dx$$

De schuifspanning hangt evenwel van den vorm der doorsnede af, zoodat de vormveranderingsarbeid moet worden uitgedrukt door

$$A = \int \frac{c\, V^2_x}{2GF_x} dx$$

waarin c voor rechthoekige doorsneden $= \frac{6}{5}$

„ „ cirkelvormige „ $= \frac{32}{27}$

Vormveranderingsarbeid bij wringing.

Werkt op een cirkelvormige doorsnede het wringend moment M dan is de schuifspanning in een punt der doorsnede $\tau = \frac{Me}{J_p}$, waarin e de afstand tot de neutrale wringingsas en J_p het polaire traagheidsmoment en dus

$$A = vol. \int_{vol.} \frac{1}{2G} \frac{M^2e^2}{J^2_p} dV = \int_0^l \int_0^F \frac{1}{2G} \frac{M^2e^2}{J_p^2} dF\, dx$$

$$= \int_0^l \frac{M^2}{2GJ^2_p} Fe^2\, dx = \int_0^l \frac{M^2}{2GJ_p} dx$$

Is de doorsnede niet cirkelvormig, dan kan volgens *de Saint-Vénant* J_p vervangen worden door $\frac{F^4}{40J_p}$.

Verband tusschen den vormveranderingsarbeid en uitwendige krachten:

De vormveranderingsarbeid van een lichaam, dat in evenwicht is, is gelijk aan den arbeid van alle uitwendige krachten, waaronder begrepen de zwaartekracht en de wrijvingsweerstanden in de steunpunten.

De grootte van den vormveranderingsarbeid wordt uitgedrukt door de halve som der producten van de uitwendige krachten met de verplaatsingen der aangrijpingspunten bij de vormverandering in de richtingen der krachten (*Wet van Clapeyron*), *nl.*

$$A = \frac{1}{2} \Sigma\, P\, \delta.$$

Bewijs: Is (fig. 53):

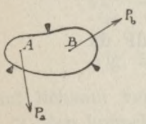


Fig. 53.

δ_{aa} de verplaatsing van A in de richting P_a tengevolge van P_a

δ_{ab} de verplaatsing van B in de richting P_b tengevolge van P_a

δ_{pb} de verplaatsing van B in de richting P_b tengevolge van P_b

δ_{ba} de verplaatsing van A in de richting P_a tengevolge van P_b

dan bedraagt de gezamenlijke arbeid van P_a en Pb, wanneer eèrst P_a en dan P_b werkt:

$$A_1 = \tfrac{1}{2} P_a \delta_{aa} + (P_a \delta_{ba} + \tfrac{1}{2} P_b \delta_{bb})$$

(omdat als P_b gaat werken, P_a reeds haar volle bedrag bezit en P_b van nul tot het volle bedrag moet aangroeien).

en wanneer eerst P_b en dan P_a werkt

$$A_2 = \tfrac{1}{2} P_b \delta_{bb} + (\tfrac{1}{2} P_a \delta_{aa} + P_b \delta_{ab})$$

en daar $A_1 = A_2$ is:

$$A_1 + A_2 = 2A = P_a(\delta_{aa} + \delta_{ba}) + P_b(\delta_{bb} + \delta_{ab})$$

of

$$2A = P_a \delta_a + P_b \delta_b = \Sigma P\delta$$

waarin $\delta_a = \delta_{aa} + \delta_{ba}$ en $\delta_b = \delta_{bb} + \delta_{ab}$ de totale verplaatsingen van A en B in de richting P_a en P_b.

Bepaling van de grootte der verplaatsing bij de elastische vormverandering uit den vormveranderingsarbeid.

De verplaatsing van het aangrijpingspunt van een willekeurige kracht P in de richting dier kracht is gelijk aan het differentiaalquotiënt van den vormveranderingsarbeid A ten opzichte van P (*1e stelling van Castigliano*)

of

$$\frac{dA}{dP} = \delta P.$$

Bewijs: Zijn δ_{aa}, δ_{bb}, δ_{ac} enz. de verplaatsingen van A, B, C, enz. in de richting P_a, P_b, P_c, enz., wanneer in A een kracht $P_a = 1$ werkt en δ_{ba}, δ_{bb}, δ_{bc} enz. de overeenkomstige verplaatsingen, wanneer in B een kracht $P_b = 1$ aangrijpt, enz., dan zal, wanneer de verplaatsingen evenredig zijn aan de grootte der krachten.

$$\left.\begin{aligned} \delta_a \text{ (totale verplaatsing van A volgens } P_a) &= P_a\delta_{aa} + P_b\delta_{ba} + P_c\delta_{ca} + \dots \\ \text{en} \quad \delta_b &= P\delta_{ab} + P_b\delta_{bb} + P_c\delta_{cb} + \dots \\ \text{en} \quad \delta_c &= P_a\delta_{ac} + P_b\delta_{bc} + P_c\delta_{cc} + \dots \end{aligned}\right\} (1)$$

Maar daar volgens de stellingen van Maxwell

$$\delta_{ab} = \delta_{ba}, \ \delta_{ca} = \delta_{ac}, \text{ enz.}$$

is

$$A = \tfrac{1}{2}(P_a\delta_a + P_b\delta_b + P_c\delta_c + \dots) =$$

$$= \tfrac{1}{2} \left\{ P_a^2\delta_{aa} + P_b^2\delta_{bb} + P_c^2\delta_{cc} + 2P_aP_b\delta_{ab} + 2P_aP_c\delta_{ac} + 2P_bP_c\delta_{bc} + \text{enz.} \right\}$$

of

$$\frac{dA}{dP_a} = P_a\delta_{aa} + P_b\delta_{ab} + P_c\delta_{ac}$$

of volgens (1):

$$\frac{dA}{dP_a} = \delta_a, \quad \frac{dA}{dP_b} = \delta_b, \quad \frac{dA}{dP_c} = \delta_c \dots\dots (2)$$

De hoek, welken de hefboomsarm van een koppel om een as loodrecht op het vlak van het koppel bij vormverandering doorloopt, wanneer deze arm onveranderlijk in een punt van het lichaam wordt gedacht, is gelijk aan het differentiaalquotiënt van den vormveranderingsarbeid ten opzichte van het moment van het koppel (*2e stelling van Castigliano*)

of

$$\frac{dA}{dM} = \varphi.$$

Bovenstaande stellingen zullen ook moeten gelden voor de steunpuntsreacties, bevestigingsmomenten en andere statisch onbepaalde grootheden. Daar de verplaatsingen en draaiingen hier gelijk nul zijn, zullen deze grootheden dus worden bepaald door

$$\frac{dA}{dx} = 0 \qquad \frac{dA}{dy} + 0 \qquad \frac{dA}{dz} = 0 \qquad \frac{dA}{dM_x} = 0, \text{ enz.}$$

uit welke vergelijkingen de onbekenden X, Y, Z, M_x enz. zijn op te lossen.

De tweede differentiaalquotiënten van den vormveranderingsarbeid ten opzichte van een kracht zijn nl. (afgeleid uit (1)):

$$\frac{d^2A}{dP^2_a} = \delta_{aa} \quad \frac{d^2A}{dP^2_b} = \delta_{bb} \text{ enz.}$$

en geven dus de verplaatsingen aan van het punt A, B, enz. in de richtingen van de kracht, wanneer in dit punt alleen de kracht + 1 werkt. Zij zijn dus onafhankelijk van de grootte van de kracht. Daar zij ook voor de statisch onbepaalde grootheden X, Y, Z, enz. niet gelijk nul zijn, beteekenen

$$\frac{dA}{dx} = 0, \quad \frac{dA}{dy} = 0, \text{ enz. bijgevolg:}$$

De statisch onbepaalde grootheden hebben, wanneer zij geen arbeid verrichten, zoodanige waarden, dat de vormveranderingsarbeid in functie van deze grootheden uitgedrukt, een minimum wordt (*3e stelling van Castigliano*).

Grootte van den vormveranderingsarbeid bij verschillende belastingsgevallen.

De grootte van den vormveranderingsarbeid bedraagt dus *bij doorbuiging en uitrekking of samendrukking van rechte balken*, waarbij de krachtlijn met een hoofdas van traagheid samenvalt:

$$A = \int \frac{M^2_x}{2EJ} dx + \int \frac{N^2_x}{2EF} dx + \int \frac{cV^2_x}{2GF_x} dx$$

waarbij de 3e term bij lange balken kan worden verwaarloosd.

Bij *gebogen balken of staven* kan de bovenstaande formule gebezigd worden, wanneer de kromtestraal groot is ten opzichte van de doorsnede; is dit niet het geval, dan moet van een nauwkeuriger formule worden uitgegaan, nl.

$$A = \int \frac{M^2_x}{2E\,J} dx + \int \frac{\mathfrak{R}^2_x}{2EF} dx$$

waarin
$$\mathfrak{R}_x = N_x + \frac{M_x}{r}$$

(waarin r de aanvankelijke kromtestraal positief of negatief)

en
$$J = \int \frac{v^2r}{r+v} dF$$

waarin v de afstand van een vezel tot de hoofdas der dwarsdoorsnede.

In al de bovenstaande gevallen is uitgegaan van een constante temperatuur van het lichaam. Verandert de temperatuurstoestand van het lichaam, dan zal hiermede rekening moeten worden gehouden.

Is α de uitzettingscoëfficiënt van het materiaal bij een temperatuursverhooging van één graad (α + 0,000 011 voor vloeiijzer, -staal en gietijzer), dan is de verlenging of verplaatsing

$$\alpha t l$$

wanneer l de staaflengte voorstelt.

De door de uitwendige krachten ten gevolge van de temperatuursverandering verrichte arbeid zal bedragen

$$\Sigma\, \alpha t P l$$

Vormveranderingsarbeid bij vakwerken.

Bij vakwerken, die uit verschillende staven bestaan, welke in de knooppunten scharnierend bevestigd zijn, heeft men slechts trek- en drukspanningen in de staven.

Is de spankracht in een willekeurige staaf = S, dan is de verlenging of verkorting $\frac{S\,l}{EF}$ en dus de totale vormveranderingsarbeid

$$A = \tfrac{1}{2}\, \Sigma\, \frac{S^2 l}{EF}$$

Boogliggers.

Naar de wijze van ondersteuning of bevestiging der beide uiteinden onderscheidt men:

I. *Bogen, welke aan het eene uiteinde bevestigd en aan het andere vrij zijn* (fig. 54). Deze zijn statisch bepaald, daar de reacties R_a, R_b en M_a uit de evenwichtsvergelijkingen der uitwendige krachten kunnen worden bepaald,

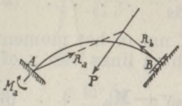


Fig. 54.

II. *Bogen, welke aan het eene uiteinde vast en aan het andere beweegbaar zijn opgelegd* (fig. 55). Deze zijn eveneens statisch bepaald, daar de reacties R_a en R_b uit het evenwicht zijn bepaald.

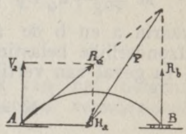


Fig. 55.

III. *Bogen, waarbij de uiteinden vast zijn opgelegd* (fig. 56) *door middel van scharnieren.* Deze zijn enkelboudig statisch onbepaald, daar van de vier onbekende reacties slechts drie uit het evenwicht kunnen worden bepaald

IV. *Bogen, waarvan het eene uiteinde vast bevestigd en het andere vast is opgelegd* (fig. 57) komen zelden voor en zijn, doordat 5 onbekende steunpuntsreacties aanwezig zijn, tweevoudig statisch onbepaald.

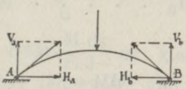


Fig. 56.

V. *Bogen, zooals fig. 58, welke aan beide einden vast zijn opgelegd, zijn ten gevolge van de aanwezigheid van zes onbekende steunpuntsreacties drievoudig statisch onbepaald.*

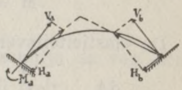


Fig. 57.

Bogen met scharnierende opleggingen kunnen eenvoudiger worden berekend en hebben het voordeel, dat temperatuursveranderingen en zettingen geringeren invloed hebben op de spanningen.

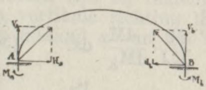


Fig. 58.

De statisch bepaalde boogliggers kunnen in het algemeen het eenvoudigst worden berekend met behulp van de stelling van Castigliano.

Zijn V_a, H_a en M_a b.v. de onbekende steunpuntsreacties in een bevestigingspunt, dan zullen volgens bovengenoemde stelling

$$\frac{dA}{dV_a} = 0, \quad \frac{dA}{dH_a} = 0 \text{ en } \frac{dA}{dM_a} = 0 \text{ moeten zijn.}$$

Is in het algemeen (fig. 59) voor het links van een doorsnede X gelegen gedeelte van den boogligger de resultante van alle vertikaalkrachten = V en die van alle horizontaalkrachten = H, dan zal voor het evenwicht de som der ontbondenen dezer resultanten in de richting van de normaalkracht N gelijk aan deze normaalkracht moeten zijn, of daar

$$N = V \sin \phi + H \cos \phi$$

$$\sin \phi = \frac{dy}{ds} \text{ en } \cos \phi = \frac{dx}{ds}$$

$$N = V \frac{dy}{ds} + H \frac{dx}{ds}$$

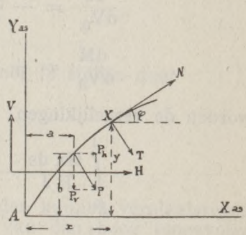


Fig. 59.

of daar $V = \Sigma_0^x P_v - V_a$ en $H = -\Sigma_0^y P_h - H_a$, waarin $\Sigma_0^x P_v$ en $\Sigma_0^y P_h$ de som der vertikaal en horizontaal ontbondenen van alle uitwendige krachten op den ligger tusschen A en X, wordt

$$N = \Sigma_0^x P_v \frac{dy}{ds} - V_a \frac{dy}{ds} - H_a \frac{dx}{ds} - \Sigma_0^x P_h \frac{dx}{ds} \quad \dots\dots\dots \text{(a)}$$

Voor de tangentieele krachten T volgens de doorsnede werkend, geldt op gelijke wijze:

$$T = V \cos \phi - H \sin \phi$$

of $$T = \Sigma_0^x P_v \frac{dx}{ds} + \Sigma_0^y P_h \frac{dy}{ds} - V_a \frac{dx}{ds} + H_a \frac{dy}{ds} \quad . \; . \; . \; . \quad \text{(b)}$$

Evenzoo is voor het evenwicht de som der momenten gelijk nul of het moment in x gelijk aan de som der momenten van de uitwendige krachten links van x of:

$$M = -\Sigma_0^x P_v (x - a) - \Sigma_0^x P_h (y - b) + V_a x - H_a y - M_a \quad . \; . \quad \text{(c)}$$

waarin a en b de afstanden der vertikaal en horizontaal ontbondenen der afzonderlijke belastingen tot het punt A.

In geval van vertikale belastingen gaan de vergelijkingen (a) (b) en (c) over in:

$$N = \Sigma_0^x P \frac{dy}{ds} - V_a \frac{dy}{ds} - H_a \frac{dx}{ds} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \text{(a)}$$

$$T = \Sigma_0^x P \frac{dx}{ds} - V_a \frac{dx}{ds} + H_a \frac{dy}{ds} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \text{(b)}$$

$$M = -\Sigma_0^x P (x - a) + V_a x - H_a y - M_a \quad . \; . \; . \; . \; . \quad \text{(c)}$$

De elasticiteitsvergelijkingen gaan dus over in:

$$\frac{dA}{dV_a} = \int_0^l \frac{N}{E\,F} \frac{dN}{dV_a} ds + \int_0^l \frac{c\,T}{2\,G\,F} \frac{dT}{dV_a} ds + \int_0^l \frac{M}{2\,E\,J} \frac{dM}{dV_a} ds \qquad (1)$$

$$\frac{dA}{dH_a} = \int_0^l \frac{N}{EF} \frac{dN}{dH_a} ds + \int_0^l \frac{c\,T}{G\,F} \frac{dT}{dH_a} ds + \int_0^l \frac{M}{E\,J} \frac{dM}{dH_a} ds \qquad (2)$$

$$\frac{dA}{dM_a} = \int_0^l \frac{N}{E\,F} \frac{dN}{dM_a} ds + \int_0^l \frac{c\,T}{G\,F} \frac{dT}{dM_a} ds + \int_0^l \frac{M}{EJ} \frac{dM}{dM_a} ds. \qquad (3)$$

Of daar $$\frac{dN}{dV_a} = -\frac{dy}{ds}, \quad \frac{dN}{dH_a} = -\frac{dx}{ds}, \quad \frac{dN}{dM_a} = 0$$

$$\frac{dT}{dV_a} = -\frac{dx}{ds}, \quad \frac{dT}{dH_a} = +\frac{dy}{ds}, \quad \frac{dT}{dM_a} = 0$$

$$\frac{dM}{dV_a} = +x, \quad \frac{dM}{dH_a} = -y, \quad \frac{dM}{dM_a} = -1,$$

worden de vergelijkingen:

$$\int_0^l \frac{Mx\,ds}{E\,J} - \int_0^l \frac{N\,dy}{E\,F} - \int_0^l \frac{cT\,dx}{G\,F} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1^a)$$

$$\int_0^l \frac{My}{2\,EJ} d\,s + \int_0^l \frac{N\,dx}{E\,F} - \int_0^l \frac{cT\,dy}{G\,F} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2^a)$$

$$\int_0^l \frac{M\,ds}{E\,J} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3^a)$$

Is de pijl van den boog groot ten opzichte van den straal, dan kan de invloed

van de afschuivende krachten worden verwaarloosd, en gaan de vergelijkingen over in:

$$\int_0^l \frac{Mx\,ds}{EJ} = \int_0^l \frac{N\,dy}{EF} = o \quad (1^b) \qquad \int_0^l \frac{My\,ds}{EJ} + \int_0^l \frac{N\,dx}{EF} = o \quad (2^b)$$

en $$\int_0 \frac{M\,ds}{EJ} = o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3^b)$$

Is de sterkte van een boogligger voornamelijk afhankelijk van het buigend moment in een doorsnede, dan kan ook de tweede term worden verwaarloosd en worden de elasticiteitsvergelijkingen:

$$\int_0^l \frac{Mx\,ds}{EJ} = o \quad (1^c) \qquad \int_0^l \frac{My\,ds}{EJ} = o \quad (2^c) \qquad \int_0^l \frac{M\,ds}{EJ} = o \quad (3^c)$$

Daar $\frac{M\,ds}{EJ}$ de kleine hoekverplaatsing aangeeft van een schijfje ds van den boog tengevolge van het daarop werkend moment M, (fig. 60) stelt

$$\int_0^l \frac{M\,ds}{EJ}$$

de hoekverplaatsing voor in een der steunpunten van den boog. Deze zal dus nul moeten zijn bij inklemming. De grootte van de verplaatsing van het steunpunt in vertikale richting tengevolge van het moment, werkende op een strookje ds op afstand x van het steunpunt kan worden voorgesteld door

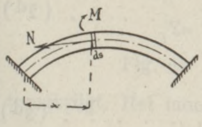


Fig. 60.

$$\frac{M\,ds}{EJ} \times x$$

of voor den geheelen boog

$$\int_0^l \frac{M\,x\,ds}{EJ}$$

Evenzoo is de verplaatsing in horizontale richting voor te stellen door

$$\int_0^l \frac{M\,y\,ds}{EJ}$$

Ook tengevolge van de normaalkracht in de doorsneden kunnen verplaatsingen ontstaan. De lengteverandering van een strookje ds van den boog tengevolge van deze normaalkracht is groot

$$\frac{N\,ds}{EF}$$

of voor den geheelen boog

$$\int_0^l \frac{N\,ds}{EF}$$

De horizontaal ontbondene dezer verplaatsing is dus groot

$$\int_0^l \frac{N\,ds}{E\,F}\,\frac{dx}{ds} = \int_0^l \frac{N\,dx}{E\,F}$$

en de vertikaal ontbondene

$$\int_0^l \frac{N\,ds}{EF}\,\frac{dy}{ds} = \int_0^l \frac{N\,dy}{E\,F}.$$

Is het steunpunt dus vast, dan moeten de verplaatsingen in horizontalen zoowel als in vertikalen zin nul zijn, waaruit men weder de vergelijkingen (1^b) en (2^b) terugvindt.

Daar het oppervlak en de traagheidsmomenten voor elke doorsnede niet gelijk zullen zijn, voert men in de praktijk een gemiddelde doorsnede en een gemiddeld traagheidsmoment in.

Gaat men uit van de topdoorsnede F_0 en het traagheidsmoment J dezer doorsnede en stelt men

$$F = \frac{F_0}{\cos\varphi} \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

$$J = \frac{J_0}{\cos\varphi} \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

dan worden de vergelijkingen (1^b), (2^b) en (3^b) met inachtneming van de waarde $ds\cos\varphi = dx$ en wanneer met geringe fout $N\cos\varphi = H$ gesteld wordt:

$$\frac{1}{E\,J_0}\int_0^l Mx\,dx - \frac{1}{E\,F_0}\int_0^l H\,dy = 0 \quad \ldots\ldots \quad (1^d)$$

$$\frac{1}{E\,J_0}\int_0^l My\,dx - \frac{1}{E\,F_0}\int_0^l H\,dx = 0 \quad \ldots\ldots \quad (2^d)$$

$$\frac{1}{E\,J_0}\int_0^l M\,dx = 0 \quad \ldots\ldots \quad (3^d)$$

of daar bij evenhooge steunpunten:

$$\int_0^l H\,dy = 0 \text{ en } \int_0^l H\,dx = Hl$$

worden de vergelijkingen

$$\frac{1}{E\,J_0}\int_0^l Mx\,dx = 0 \quad \ldots\ldots \quad (1^e)$$

$$\frac{1}{E\,J_0}\int_0^l My\,dx - \frac{H\,l}{E\,F_0} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (2^e)$$

$$\frac{1}{E J_0} \int_0^l M \, dx = o \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3^e)$$

Wordt aan de voorwaarden (a) en (b) niet voldaan, dan zal men den boog in een even aantal stukken moeten verdeelen en de integraal $\int_0^l \frac{M \, ds}{E J}$ moeten benaderen met den regel van Simpson, nl.:

$$\int_0^l \frac{M \, ds}{E J} = \frac{1}{3 E} \left\{ \frac{M_0}{J_0} + 4 \frac{M_1}{J_1} + 2 \frac{M_2}{J_2} + 4 \frac{M_3}{J_3} + \ldots 2 \frac{M_{n-2}}{J_{n-2}} + \right.$$

$$\left. + 4 \frac{M_{n-1}}{J_{n-1}} + \frac{M_n}{J_n} \right\}$$

In den regel bepaalt men de statisch onbepaalde grootheden V_m, H_m en M_m voor de topdoorsnede van den symmetrischen boog. Denkt men deze in den top onwrikbaar vast, dan geldt voor het evenwicht van het rechts van de doorsnede X gelegen gedeelte van den boog:

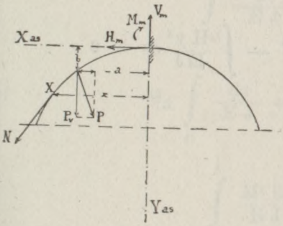


Fig. 61

$$N = V \sin \varphi + H \cos \varphi$$

waarin

$$V = \Sigma_0^x P_v - V_m \text{ en } H = \Sigma_0^x P_h + H_m.$$

evenzoo $\quad T = V \cos \varphi - H \sin \varphi$

en

$$M = \Sigma_0^x P_v \, (x-a) + \Sigma_0^x P_h \, (y-b) + V_m \, x -$$

$$- H_m \, y - M_m$$

zoodat men de vergelijkingen (1^a, 2^a, 3^a) terugkrijgt. Het moment wordt dus in het algemeen

$$M = M_s + Vx - Hy - M_o$$

waarin M_s de eenige veranderlijke grootheid, zoodat men kan zetten

$$\int_{-1/2}^{+1/2} \frac{M \, ds}{E J} = \int \frac{M_s \, ds}{E J} + V \int \frac{x \, ds}{E J} - H \int \frac{y \, ds}{E J} - M_o \int \frac{ds}{E J}$$

Neemt men nu de X-as zoodanig, dat zij samenvalt met de zwaartelijn van den boog, dan is:

$$\int_{-1/2}^{+1/2} y \, ds = o \quad \text{en} \quad \int_{-1/2}^{+1/2} x \, ds = o.$$

en wordt dus: $\displaystyle \int_{-1/2}^{+1/2} \frac{M \, ds}{E J} = \int_{-1/2}^{+1/2} \frac{M_s \, ds}{E J} - M_s \int_{-1/2}^{+1/2} \frac{ds}{E J}$

Wordt deze waarde dus nul, dan moet $M_o = \dfrac{\int M_s\, ds}{\int ds}$

Evenzoo vindt men uit 1_b en 2_b : $V = \dfrac{\int M_s\, x\, ds}{\int x^2\, ds}$ en $H = \dfrac{\int M_s\, y\, ds}{\int y^2\, ds + \int \frac{J}{F}\, ds}$

Gebogen ligger met twee vaste scharnieroplegingen (fig. 62).

Zijn de belastingen vertikaal, de steunpunten evenhoog en de normale drukkrachten te verwaarloozen, dan gelden dus de formules

$$\frac{dA}{dV_a} = 0 \text{ en } \frac{dA}{dH} = 0$$

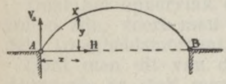


Fig. 62.

of de formules 1^c en 2^c (bldz. 339)

Het moment is in dit geval $M = M^1 - H\,y$, waarin M^1 het moment in de doorsnede X in geval van een balk AB in A en B eenvoudig opgelegd.

Zoodat uit (2^c) volgt:

$$\int_0^l \frac{(M^1 - H\,y)\,y}{E\,J}\, ds = 0 \quad \text{of} \quad \int_0^l \frac{M^1\, ds}{E\,J} - \int \frac{H\,y^2}{E\,J}\, ds = 0$$

waaruit
$$H = \frac{\int_0^l M^1\, ds}{\int_0^l y^2\, ds}$$

Houdt men evenwel rekening met de normaalkrachten, dan geldt de formule (2^b) of

$$\int_0^l \frac{My\, ds}{E\,J} + \int_0^l \frac{N\, dx}{E\,F} = 0.$$

Stelt men de normaalkracht in richting overeenkomend met de drukkracht in de doorsnede

of
$$N = \sqrt{V^2 + H^2} = H \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = H \frac{ds}{dx}$$

dan wordt de vergelijking (2^b)

$$\int_0^l \frac{M^1\, y}{E\,J}\, ds - H \int_0^l \frac{y^2}{E\,J}\, ds + H \int_0^l \frac{ds}{E\,F} = 0$$

$$\text{waaruit} \quad H = \frac{\int_0^l \frac{M^1 y}{E J}\, ds}{\int_0^l \left(\frac{y^2}{E J} - \frac{1}{E F}\right) ds.}$$

Gebogen liggers aan de einden vast bevestigd (fig. 63).

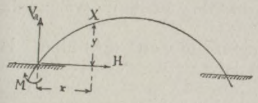


Fig. 63.

Zijn de belastingen vertikaal en de steunpunten even hoog, dan is het moment

$$M = M^1 - M_a - H y \;.\;.\;.\;.\;.\; \text{(I)}$$

zoodat bij verwaarloozing der normale drukkrachten de formules (1^c, 2^c en 3^c) gelden of

$$\int_0^l \frac{Mx\, ds}{E J} = 0; \qquad \int_0^l \frac{My\, ds}{E J} = 0 \text{ en } \int_0^l \frac{M\, ds}{E J} = 0$$

Uit 3^c volgt:

$$\int_0^l \frac{M_a\, ds}{E J} = \int_0^l \frac{M^1 ds}{E J} = H \int_0^l \frac{y\, ds}{E J}$$

of

$$M_a \int_0^l \frac{ds}{E J} = \int_0^l \frac{M^1\, ds}{E J} - H \int_0^l \frac{y\, ds}{E J}$$

of

$$M_a = \frac{\int_0^l \frac{M^1\, ds}{E J} - H \int_0^l \frac{y\, ds}{E J}}{\int_0^l \frac{ds}{E J}}$$

en in verband met (I) en $_1c$:

$$\int_0^l \frac{M^1 x}{E J}\, ds - \int_0^l \frac{M_a}{E J} x\, ds - H \int_0^l \frac{y}{E J} x\, ds = 0$$

$$\int_0^s \frac{Mx}{E J}\, ds - \int_0^l \frac{\int_0^l \frac{M^1\, ds}{E J} - H \int_0^l \frac{y\, ds}{E J}}{E J \int_0^l \frac{ds}{E J}}\, x\, ds - H \int_0^l \frac{xy}{E J}\, ds = 0$$

waaruit H te vinden.

Gewelven.

Een gewelf kan, wanneer het uit een voldoend elastisch materiaal is opgebouwd, worden beschouwd als een boogligger, welke aan de einden vast is bevestigd en is dan drievoudig statisch onbepaald. De drie statisch onbepaalde grootheden, b.v. de steunpuntsreacties V_a, H en M_a of de drie reacties in de topdoorsnede kunnen uit de elasticiteitsvergelijkingen worden gevonden.

Het gewelf kan ook worden gedacht als een samenstel van enkele op elkaar rustende en in evenwicht zijnde gewelfdeelen of steenen tusschen de twee stijve, onbeweeglijke steunpunten opgesloten. In dit geval oefent elke steen op den anderen een reactie uit, welke reacties in het gewelf volgens een zoogenaamde druklijn verloopen en welke uit het evenwicht der op de steenen werkende krachten kunnen worden bepaald.

Voor het geval, dat in het gewelf geen trekspanningen mogen optreden, is het dus vereischte, dat deze druklijn binnen het middelste derde gedeelte of de kern der doorsnede blijft. Den gunstigsten gewelfvorm krijgt men dus, wanneer de aslijn zoo na mogelijk met de druklijn samenvalt. Daar de vorm der druklijn zich met de belasting wijzigt, zal hieraan dus nooit kunnen worden voldaan. Men kieze evenwel de aslijn van het gewelf zooveel mogelijk in overeenstemming met de druklijn, welke voor het eigen gewicht wordt gevonden, waartoe men tastenderwijze kan geraken.

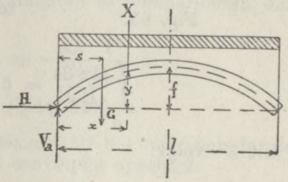


Fig. 64.

Neemt men de druklijn volgens de aslijn aan, en is (fig. 64)

q de toevallige belasting per eenheid van lengte van het gewelf,
G het halve eigen gewicht van het gewelf,
g het gewicht van het gewelf, gerekend van de geboorte tot een willekeurige doorsnede in X,
l de overspanning van het gewelf,
f de pijlhoogte,
s en s_x de afstanden van de aangrijpingspunten van G en g tot het midden van de geboorte,
x en y de ordinaten van de doorsnede bovengenoemd,

dan vindt men uit het evenwicht van het links van de doorsnede gelegen gewelf: voor de op die doorsnede werkende krachten

$$V_x = V_a - g - qx$$
$$H_x = H$$

en voor het punt X als momentenpunt

$$V_a x - Hy - g(x - s_x) = 0$$

of

$$H = \frac{1}{y}(V_a x - gx + gs_x)$$

waaruit blijkt, dat de horizontaalkracht behalve van de belasting ook van den afstand y afhangt. De horizontaalkracht wordt maximum voor geheel belast gewelf

of

$$H_{max} = {}^1/_f \left(Gs + \frac{1}{4} ql^2\right)$$

bij

$$V_a \max = G + \frac{1}{2} ql.$$

Aangezien de druklijn, niet zooals aangenomen, met de aslijn samenvalt, maar alleen aan de voorwaarde moet voldoen, dat geen trekspanningen in het materiaal optreden, zal de horizontaalkracht dus het grootst zijn voor het geval, dat de druklijn het meest het onderste derde gedeelte van de doorsnede nadert en wel wanneer zij gaat van $^1/_3$ van de hoogte van het gewelf van bovenaf bij de geboorte tot $^1/_3$ van de hoogte van onderen af bij den top. Omgekeerd is de horizontaalkracht het kleinst, wanneer de druklijn gaat van $^1/_3$ van onderen af bij de geboorte tot $^1/_3$ van boven af bij den top. In het laatste geval noemt men het gewelf stabiel.

In het geval, dat de aslijn samenvalt met de druklijn, is de grootte van de horizontaalkracht ook voor te stellen door

$$H = \frac{V_X}{tg\ \alpha}$$

waarin α de hoek van de raaklijn aan de aslijn met de horizontaal.

Is R_0 de kromtestraal van de druklijn voor het beschouwde punt, dan is ook (zie fig. 65):

$$tg\ \alpha = \frac{\overline{ab}}{\overline{ob}} = \frac{\overline{ab}}{\sqrt{(R_0^2 - \overline{ab}^2)}}$$

Voor een doorsnede dicht bij den top op een afstand ab = 1 gelegen, wordt dus

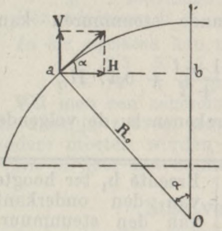


Fig. 65.

$$tg\ \alpha = \frac{1}{\sqrt{(R_0^2 - 1)}}$$

of wanneer de eenheid ten opzichte van den kromtestraal verwaarloosd wordt, benaderd

$$tg\ \alpha = \frac{1}{R_0}$$

waarmede de grootte van de horizontaalkracht wordt

$$H = VR_0$$

waarin V de vertikaalkracht in de topdoorsnede, welke kan worden gelijkgesteld aan de belasting per eenheid, inclusief eigen gewicht, dus

$$H = q_0\ R_0 \ldots\ldots\ldots \quad (a)$$

Is s_0 de toe te laten drukspanning in den top per vierkante eenheid en d de dikte van het gewelf aldaar, dan is dus

$$H = d \cdot s_0 \ldots\ldots\ldots \quad (b)$$

en in verband met (a)

$$d = \frac{q_0\ R_0}{s_0}$$

of wanneer

$$R_0 = R + \frac{d}{2}$$

$$d = \frac{q_0\ R}{s_0 - \frac{1}{2} q_0} \ldots\ldots\ldots \quad (c)$$

Met behulp van deze formule kan vooraf de topdikte van het gewelf benaderd worden. Is nl. h de hoogte der gronddekking boven den top van het gewelf in Meters en p de toevallige belasting in tonnen per M², dan is

voor steenen gewelven $q_0 = 1{,}8\ h + 2{,}5\ d + p$ ton/M²
,, baksteen ,, $q_0 = 1{,}8\ (h + d) + p$,,

De overige afmetingen van het gewelf kunnen nu als volgt worden vastgesteld:

Volgens de aanname, dat de druklijn met aslijn samenvalt, is de normale drukkracht op een willekeurige voeg gelijk aan (zie fig. 64):

$$H \cos \alpha$$

Wil men dus gelijke drukspanningen in het gewelf laten optreden, dan zal de voeglengte (h) in een willekeurig punt worden bepaald door

$$h \times H \cos \alpha = H \times d$$

of

$$h = \frac{d}{\cos \alpha}$$

d.w.z. *de lengte van elke voeg moet zoodanig zijn, dat de rechthoekige projectie op een vertikaal gelijk aan de dikte van den top is.*

Voorgaande beschouwingen geven dus een middel aan de hand om den vorm en afmetingen van het gewelf voorloopig vast te stellen. Zij gelden voornamelijk voor gewelven in steen, daar bij gewapend-betongewelven (zie blz. 371) ook trekspanningen kunnen worden toegelaten en de spanningsverdeeling door minder of meerdere wapening kan worden geregeld.

Voor de bepaling van de dikte van steenen *tongewelven voor bruggen, duikers of riolen* kunnen ook de volgende empirische formules worden gebezigd.

Is h de gronddekking ,dan gelden de volgende empirische formules (alle maten in Meters)

	$h < 1{,}50$ M	$h > 1{,}50$ M
behakte steen	$d = 0{,}40 + 0{,}025$ R	$d = 0{,}45 + 0{,}03$ R
baksteen	$d = 0{,}43 + 0{,}028$ R	$d = 0{,}51 + 0{,}033$ R

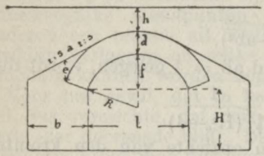


Fig. 66.

waarbij R de binnenstraal van het gewelf en gelijk aan

$$R = \frac{l^2 + 4 f^2}{8 f}$$

De breedte bij vrijstaande steunmuren kan worden bepaald op

$$b = 0{,}30 + \frac{l}{8} + \frac{3\,l - f}{l + f} + 0{,}17\ H$$

terwijl bij duikers en riolen, waar op gronddruk te rekenen is, de volgende waarden aan te nemen zijn

Breedte b ter hoogte van de geboorte van het gewelf.	Breedte b_1 ter hoogte van den onderkant van den steunmuur.
Bij halfcirkelvormige gewelven $b = \frac{l}{4} + 0{,}25$	$b_1 = b + \frac{h}{4}$
„ segmentbogen . . . . $b = \frac{l}{4} + 0{,}10$	$b_1 = b + \frac{h}{3}$

De hoogte e der achtermetseling dient ter versterking van het gewelf en bedraagt $e = 0{,}15 + 0{,}03\ l$.

Croisette Desnoyers geeft voor de topdikte de volgende empirische formules:

Bruggen voor gewoon verkeer:

halfcirkelvormig of ellipsvormig gewelf $d = 0{,}15 + 0{,}15 \sqrt{2R}$, waarin R de straal van de cirkelvormige binnenwelflijn of de pijl van het ellipsvormig gewelf.

segmentvormig gewelf:

$f/l = 1/4$ $\quad d = 0{,}15 + 0{,}15 \sqrt{2R}$

$f/l = 1/8$ $\quad d = 0{,}15 + 0{,}13 \sqrt{2R}$

$f/l = 1/12$ $\quad d = 0{,}15 + 0{,}11 \sqrt{2R}$

Voor spoorwegverkeer:

halfcirkelvormig of ellipsvormig gewelf $d = 0{,}20 + 0{,}17 \sqrt{2R}$

segmentvormig gewelf $f/l = 1/4$ idem.

$f/l = 1/8$ $\quad d = 0{,}20 + 0{,}15 \sqrt{2R}$

$f/l = 1/12$ $\quad d = 0{,}20 + 0{,}13 \sqrt{2R}$

Bij hooge gronddekking is de belasting gelijkmatiger over het gewelf verdeeld en nadert de druklijn tot een parabool. Hier zijn dus parabolische gewelven op hun plaats. In het algemeen neemt men een halfcirkelvormig gewelf, wanneer $f/l > 1/5$ en een segmentvormig gewelf of korfboog, wanneer $f/l < 1/5$ is.

De pijlhoogte neemt men liefst niet kleiner dan $1/10$ van de overspanning.

Voor de *grootte van de toevallige belasting*, welke het meest rationeel als een gelijkmatige belasting wordt aangenomen, kunnen de volgende waarden gelden: Zie ook bij „Toe te laten belastingen, enz.")

voor bruggen voor gewoon verkeer:

verkeer met zware voertuigen $p = \left(0{,}5 + \frac{10}{l}\right) \frac{1 + h}{0{,}2 + 3\,h}$

„ „ lichte „ $p = \left(0{,}5 + \frac{4}{l}\right) \frac{1 + h}{0{,}2 + 3\,h}$

voor spoorwegbruggen tot 80 M $p = \left(5 + \frac{30}{l}\right) \frac{1 + h}{2{,}5 + 4\,h}$

waarin l de overspanning in Meter,
h „ gronddekking in den top in Meter.
p „ toevallige gelijkmatig verdeelde belasting in tonnen per M².
Een minimum is p = 460 KG/M².

In het algemeen kan men aannemen bij

l =	2,5	5	7	10	12,5	15	17,5	20	30	40	50 M.
p =	10	8	6,75	6,2	6	5,9	5,8	5,65	5,15	4,7	4,3 ton.

Wil men een zekeren vorm van het gewelf behouden, dan zal, wanneer men de druklijn zooveel mogelijk met de aslijn wil laten overeenkomen, de belasting anders moeten worden verdeeld. Dit kan geschieden door middel van *spaarbogen* of door het aanbrengen van *tongen.*

Staafverbindingen in het platte vlak.

Onder staafverbindingen verstaat men een samenstel van staven, welke aan de einden aan elkaar bevestigd zijn.

Stabiliteit. Daar men drie knooppunten kan vastleggen met niet minder dan drie staven en elk volgend knooppunt aan de vorige met minstens 2 staven, heeft men voor een onbeweeglijke of stabiele verbinding der knooppunten minstens noodig

$$3 + 2\,(k - 3) = 2k - 3 \text{ staven.}$$

Alle andere staven zijn overtollige staven. Minder aantal staven dan 2k — 3 geven een labiele constructie.

De uitwendige krachten, welke op de staafverbinding werken, worden in de knooppunten gedacht en bestaan uit bekende lasten of uit te berekenen steunpuntreacties. Deze steunpunten kunnen zijn *beweeglijk*, waarbij het knooppunt gedwongen wordt op een gegeven lijn te blijven, of *vast*, waarbij het knooppunt een vaste plaats blijft innemen. In het eerste geval werkt de steunpuntsreactie, wanneer geen wrijving optreedt, loodrecht op de lijn van beweging, is het steunpunt vast, dan zijn de steunpuntsreacties een kracht en een moment, welke in grootte en richting onbekend zijn. Is dit vaste steunpunt scharnierend, dan vervalt het moment en wordt de kracht door twee ontbondenen aangeduid, welke door twee zoogenaamde steunstaven kunnen worden opgenomen. Men heeft dan

voor elk beweeglijk steunpunt 1 onbekende
„ „ vast steunpunt met scharnier 2 onbekenden.
„ „ „ „ zonder „ 3 „

Zijn de einden der staven der verbinding in de knooppunten scharnierend zonder wrijving verbonden, dan valt de richting der staafkracht in die van de staaf en spreekt men van *vakwerken* in den eigenlijken zin. Voor elke staaf heeft men dan 1 spankracht te bepalen. Heeft men n staven, b beweeglijke en v vaste steunpunten (dus ook met scharnier), dan zijn er dus n + b + 2 v onbekende grootheden.

Voor elk knooppunt bestaan 2 evenwichtsvergelijkingen, dus voor de k knooppunten 2k vergelijkingen, waaruit de onbekenden moeten worden opgelost.

Het in alle onderdeelen stabiele vakwerk is nu statisch bepaald, wanneer

$$n + b + 2v = 2k.$$

Is n + b + 2v kleiner dan 2k, dan is het vakwerk beweeglijk en bij grooter dan 2k statisch onbepaald.

Zijn de *einden der staven in knooppunten vast verbonden*, dan werken op elk

staafeinde een kracht en een moment M. De kracht laat zich ontbinden in ontbondenen N en T in en loodrecht op de as van de staaf. Men heeft dus voor elke staaf 6 onbekenden. Daar voor elke staaf en voor elk knooppunt de drie evenwichtsvergelijkingen zijn op te stellen als:

1. de som der ontbondenen der krachten in de asrichting gelijk o,
2. de som der ontbondenen loodrecht op de asrichting gelijk o,
3. de som der momenten gelijk o,

zou men te zamen voor n staven en k knooppunten 3n + 3k vergelijkingen hebben, indien niet 3 vergelijkingen afvielen, daar aan het evenwicht der uitwendige krachten moet zijn voldaan. Voor de berekening der inwendige krachten heeft men dus te beschikken over

$$3n + 3k - 3 \text{ vergelijkingen.}$$

Is nu 3n + 3k — 3 = 6n of 3k — 3 = 3n, dan is de in alle onderdeelen stabiele verbinding statisch behaald; bij 3k — 3 kleiner dan 3n, statisch onbepaald.

Bepaling der spankrachten in vakwerken.

1. *Methode van berekening uit het evenwicht van opvolgende knooppunten.*

Men begint met het knooppunt, waar slechts 2 staven samenkomen. Uit de evenwichtsvergelijkingen voor de ontbondenen evenwijdig aan 2 rechthoekige assen, waarvan de eene het doelmatigst evenwijdig aan een der staafassen wordt

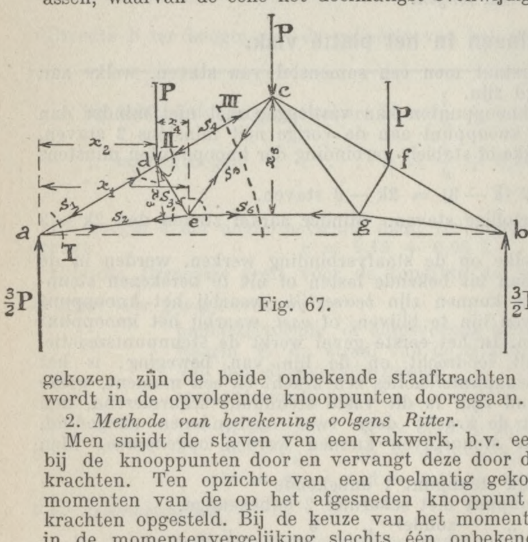


Fig. 67.

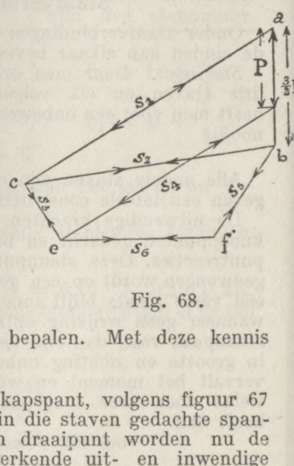


Fig. 68.

gekozen, zijn de beide onbekende staafkrachten te bepalen. Met deze kennis wordt in de opvolgende knooppunten doorgegaan.

2. *Methode van berekening volgens Ritter.*

Men snijdt de staven van een vakwerk, b.v. een kapspant, volgens figuur 67 bij de knooppunten door en vervangt deze door de in die staven gedachte spankrachten. Ten opzichte van een doelmatig gekozen draaipunt worden nu de momenten van de op het afgesneden knooppunt werkende uit- en inwendige krachten opgesteld. Bij de keuze van het momentenpunt is er op te letten, dat in de momentenvergelijking slechts één onbekende kracht mag optreden. De momentenarmen kunnen door berekening worden bepaald of uit de figuur volgens schaal worden afgemeten.

Men vindt uit de figuur voor de snede I bij knooppunt a ten opzichte van het punt e als momentenpunt: $\frac{3}{2} P x_1 + s^1 \overline{de} = o$

wanneer s_1 de spanning in staaf $\overline{ad}$ voorstelt, waaruit volgt:

$$s_1 = -\frac{3 P x_1}{2 \overline{de}}.$$

Het statisch moment van s_1 ten opzichte van het punt e is dus negatief, zoodat de kracht naar het punt a is toegekeerd en een drukspanning is.

Voor de bepaling van de spanning s_2 kieze men de snede I met d als momentenpunt: $\frac{3}{2} P x_2 + s_2 x_3 = o$

of $s_2 = -\frac{3 P x_2}{2 x_3}$ (van a afgekeerd of trekspanning).

Men kan de snede ook denken over staven, welke niet alle in één knooppunt samenkomen, b.v. bij de snede III door de staven $\overline{cd}$, $\overline{ce}$ en $\overline{eg}$ met het momentenpunt c:

$$^3/_2 \, P \frac{l}{2} - P \frac{l}{4} + s_6 \, x_5 = 0 \quad (l = \text{lengte der overspanning } \overline{ab})$$

$$\text{waaruit } s_6 = - \frac{Pl}{2 \, x_5} \text{ (trekspanning).}$$

3. *Graphische methode uit het evenwicht van een knooppunt.*

De op elk knooppunt werkende krachten vormen, daar zij met elkaar evenwicht maken, een gesloten krachtendriehoek fig. 69.

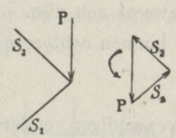


Fig. 69.

Daar de richting van de uitwendige kracht P op het knooppunt werkende bekend is, weet men tevens, in welke richting de krachtendriehoek moet worden gelezen. Zoo is dus S_1 naar het knooppunt toegekeerd of drukspanning en S_2 van het knooppunt afgekeerd of trekspanning.

De krachten kunnen in grootte uit den krachtendriehoek worden berekend of gemeten.

4. *Graphische bepaling volgens Cremona.*

De uitwendige krachten, welke op het vakwerk werken, maken met elkaar evenwicht en vormen een gesloten krachtenveelhoek, waaraan de krachtenveelhoeken voor de afzonderlijke knooppunten aansluiten. Dit geeft tevens contrôle op de nauwkeurigheid van teekenen. Men neemt bij de constructie der krachtenveelhoeken de volgende regels in acht:

a. De uitwendige krachten worden in den krachtenveelhoek in dezelfde volgorde uitgezet als waarin zij elkaar aan den omtrek van het vakwerk opvolgen b.v. volgens wijzers van een uurwerk.

b. De krachtenveelhoeken voor de staafkrachten in een knooppunt worden weer uitgezet in dezelfde volgorde als waarin de uitwendige krachten zijn genomen, de in de knooppunten werkende uitwendige krachten vallen in deze krachtenveelhoeken steeds samen met die in den onder a genoemden veelhoek.

Fig. 68 geeft de graphiek volgens Cremona voor het onder 2 berekende kapspant.

5. *Graphische bepaling volgens Culmann.*

Volgens deze methode worden de krachten in drie doorgesneden staven van een vakwerk fig. 70 gevonden door de resultante R_l van de op het linkerdeel werkende uitwendige krachten te ontbinden volgens de assen der 3 staven. Deze drie ontbondenen maken evenwicht met de resultante R_r op het rechterdeel werkende en zijn dus de gevraagde staafkrachten.

De resultante R_l wordt nu eerst ontbonden volgens een staafrichting en volgens de verbindingslijn van het snijpunt dezer staafrichting met de resultante R_l met het snijpunt der beide andere staven in dit geval dus de staaf S_1 en de streeppunt lijn). Daarna wordt de componente langs deze verbindingslijn ontbonden volgens de beide andere staven (S_2 en S_3).

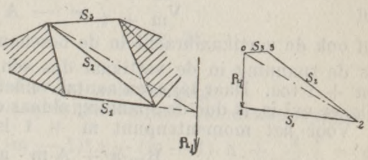


Fig. 70.

De krachtenveelhoek 0 1 2 3 geeft dan de gezochte staafkrachten.

De staafkrachten S_1, S_2 en S_3 zijn dus te beschouwen als uitwendige krachten (oplegkrachten) voor het zich rechts van deze staven bevindende vakwerkgedeelte.

6. *Methode der staafverwisseling.*

Is geen knooppunt aanwezig, waar slechts 2 staven samenkomen of is geen snede aan te brengen over drie staven, die niet door één punt gaan, zooals fig. 71, dan kan men een der staven uit het vakwerk nemen en daarin een andere inlasschen, zoodanig dat het stabiel en statisch bepaald blijft en meer voor berekening geschikt wordt.

Neemt men b.v. AD er uit en vervangt men deze door de staaf BD. Men kan dan in A, waar 2 staven samenkomen, de spankrachten bepalen. Zij nu S′ de kracht, die door de uitwendige krachten in de staaf BD wordt opgewekt. Neemt men nu

de uitwendige krachten weg en brengt men in de knooppunten A en D twee gelijke naar elkaar toe gerichte krachten Q aan, welke werken volgens richting AD en de grootte gelijk aan de eenheid hebben, dan zal men door deze krachten in de staaf BD een spankracht gelijk S_1, vinden. Werkten de krachten P en Q = 1 samen, dan was de spankracht in BD geweest $S' + S_1$ was de kracht Q gelijk aan x, dan was de spankracht $S' + S_1x$.

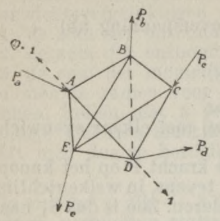


Fig. 71.

De spankracht in B D zou nu gelijk nul geworden zijn, wanneer $S' + S_1 x = 0$ is

of
$$x = -\frac{S'}{S_1}$$

Hieruit blijkt, dat de spankracht in de staaf AD zonder de staaf BD gelijk aan $-\frac{S'}{S_1}$ geweest zou zijn.

Uit de nu bekende staafkracht AD kunnen achtereenvolgens de andere worden bepaald.

Parallelvakwerkliggers.

Onder parallelvakwerkliggers verstaat men liggers met evenwijdigen onderen bovenrand.

Bij de parallelvakwerken wordt in de bovenranden meer materiaal gebracht dan strikt noodig is. Daartegenover staat het voordeel, dat zij eenvoudig te construeeren zijn.

Voor een minimum gewicht van den parallelvakwerkligger moet de hoogte ongeveer op $^1/_8$ van de overspanning worden aangenomen of volgens Winkler

$$h = 0,20 + 0,12\ l$$

waarin l in Meters.

Spanningen in parallelvakwerken.

Heeft men een parallelvakwerk met gelijke vierkante velden volgens figuur 72, hetwelk gelijkmatig is belast met een belasting van q per lengte-eenheid, zoodat in de bovenknooppunten lasten aangrijpen gelijk aan ½ P = ½ aq, P = aq, enz. en zijn V_m, D_m, B_m en O_m achtereenvolgens de spanningen in de mde vertikaal, diagonaal, bovenrand en onderrand, dan vindt men uit het evenwicht van het gedeelte vakwerk links van een doorsnede δ

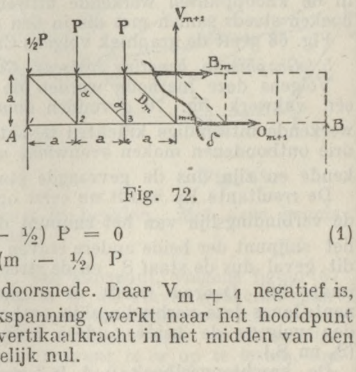


Fig. 72.

$$V_{m+1} + A - (m - ½)\ P = 0 \tag{1}$$

of
$$V_{m+1} = - A + (m - ½)\ P$$

of ook de vertikaalkracht in de beschouwde doorsnede. Daar V_{m+1} negatief is, is de spanning in de vertikaal dus een drukspanning (werkt naar het hoofdpunt m + 1 toe. Daar bij even aantal velden de vertikaalkracht in het midden van den ligger nul is, is dus de spanning aldaar ook gelijk nul.

Voor het momentenpunt m + 1 is

$$B_m \cdot a + A \cdot m \cdot a - \frac{m^2}{2} P \cdot a = 0$$

of
$$B_m = - m.A + \frac{m^2}{2} P \tag{2}$$

dus negatief of eveneens een drukspanning.

De spanning in den onderrand vindt men uit de momentenvergelijking t. o. v. het bovenste knooppunt of ook uit het evenwicht van het gedeelte vakwerk links der doorsnede. Daar op dit gedeelte slechts de beide horizontaalkrachten B_m en O_{m+1} werken, moet dus noodwendig $B_m = - O_{m+1}$ zijn of

$$O_{m+1} = m.A - \frac{m^2}{2} P \tag{3}$$

dus positief of trekspanning en van de grootte van B_m.

Heeft men n velden, dan is $A = \frac{nP}{2}$ en dus ook

$$B_m = -mP\left(\frac{n}{2} - \frac{m}{2}\right) = -\frac{1}{2}mP(n-m) \qquad (2^a)$$

en

$$O_{m+1} = +\frac{1}{2}mP(n-m) \qquad (3^a)$$

waaruit volgt, dat B_m gelijk nul is voor $m = n$ of in het laatste veld, terwijl O_{m+1} gelijk nul is voor $m = o$ of in het eerste veld, hetgeen ook uit de evenwichtvergelijkingen in de knooppunten af te leiden is.

De grootte der spanning in de diagonalen wordt gevonden uit het evenwicht in een knooppunt of $D_m \cos\alpha + V_{m+1} = o$ of $D_m = -\frac{V_{m+1}}{\cos\alpha}$ dus trekspanning.

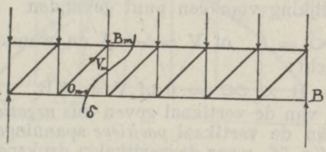


Fig. 73.

Was de richting der diagonalen gekozen volgens fig. 72, dan had men op gelijke wijze gevonden

$$V_m = A - (m - 1/_2)\,P = V \qquad (1)$$

of gelijk aan de vertikaalkracht in de beschouwde doorsnede, maar positief, dus een trekspanning

$$B_m = -(m-1)\,A + \frac{(m-1)^2}{2}\,P$$

$$= -1/_2\,(m-1)\,(n-m+1)\quad P \qquad (2)$$

of een drukspanning en

$$O_{m-1} = 1/_2\,(m-1)\,P\,(n-m+1) \qquad (3)$$

d.i. een trekspanning.

B_m wordt gelijk nul voor $m = 1$, dat is in het eerste veld en O_{m-1} wordt nul voor $m + n + 1$ dat is voor het laatste veld.

Heeft men een vakwerk of, zooals men het noemt, een netwerk volgens figuur 74 met n gelijke velden van de lengte 2a en de hoogte a, dan is de onderrandspanning O_{m-1} te bepalen uit de momentenvergelijking ten opzichte van het bovenknooppunt

$-O_{m-1} \cdot a + A\,(m-1).\,2\,a - P\,(m-1)^2 \,.\, a = o$

of $O_{m-1} + 2\,A\,(m-1) - P\,(m-1)^2$

of daar $A = \frac{nP}{2}$: $O_{m-1} = nP(m-1)$

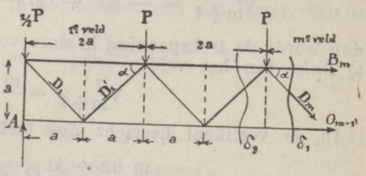


Fig. 74

$- P\,(m-1)^2 = (n-m+1)\,(m-1)\,P$ dus een trekspanning.

Voor de bovenrandspanning heeft men ten opzichte van het benedenknooppunt:

$$B_m \cdot a + A\left\{2a\,(m-1) + a\right\} - P\left\{(m-1)^2 a + (m-1)\,a + \frac{a}{2}\right\} = o$$

$$B_m = -A\,(2\,m-1) + P\left\{m\,(m-1)^2 + 1/_2\right\} \text{ enz.}$$

Uit het evenwicht der vertikaal ontbondenen der uitwendige krachten werkende op het door δ_1 afgesneden gedeelte van den ligger volgt:

$$A - (m - 1/_2)\,P - D_m \sin\alpha = o$$

of daar $A - (m - 1/_2)\,P = V$ of gelijk aan de vertikaalkracht links van de doorsnede

$$D_m = +\frac{V}{\sin\alpha}$$

dus een trekspanning.

Nemen we de doorsnede volgens δ_2, dan vindt men evenzoo

$$D^1_m = -\frac{V_1}{\sin\alpha},$$ dus een drukspanning, maar van gelijke grootte.

Invloed van een mobiele belasting. Wij zullen nu den invloed nagaan, wanneer de vakwerkligger behalve een gelijkmatige belasting (eigengewicht, enz.) een mobiele of toevallige belasting heeft te dragen. De spanningen tengevolge van deze belasting in de staven ontstaan, kunnen bij de reeds berekende spanningen worden opgeteld.

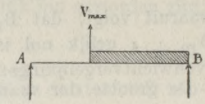


Fig. 75.

Daar de vertikaalkracht in een doorsnede van den ligger het grootst wordt, wanneer deze links of rechts van de doorsnede onbelast en rechts of links geheel belast is, zie fig. 75, zoo zullen bij zulk een belasting de spankrachten in de vertikalen en diagonalen het grootst worden.

Voor een vakwerk fig. 76, waarbij de mobiele belasting Q rechts van de vertikaal is aangebracht, wordt uit de momentenvergelijking voor een punt gevonden

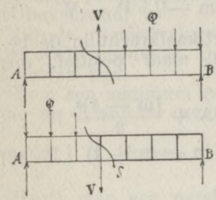


Fig. 76.

$V \times \infty + A \times \infty = 0$ of $V = -A$ en wanneer Q links is aangebracht:

$$-V \times \infty + B \times \infty = 0 \text{ of } V = +B.$$

Belastingen *rechts* van de vertikaal geven dus *negatieve* spanningen, *links* van de vertikaal *positieve* spanningen. Bij vakwerken als fig. 76, waar de vertikalen drukspanningen hebben, door de gelijkmatige belasting, moet dus worden nagegaan, hoe groot de positieve of trekspanningen daarin kunnen zijn tengevolge van eenzijdige linksche belasting.

Is in een vakwerk volgens fig. 72 bldz. 350 de drukspanning in een vertikaal tengevolge van de gelijkmatige belasting gelijk aan

$$V^p_{m+1} = -A^p + (m - \tfrac{1}{2})\,P = P\left(m - \tfrac{1}{2} - \frac{n}{2}\right)$$

dan wordt de trekspanning in deze vertikaal tengevolge van de mobiele belasting Q *links* van het veld:

$$V^q_{m+1} = \frac{m\,(m-1)}{2\,n}\,Q$$

In de vertikaal heerscht dus trekspanning, wanneer

$$\frac{m\,(m-1)}{2\,n}\,Q > \left(m - \tfrac{1}{2} - \frac{n}{2}\right)P$$

of $$\frac{2\,n\left(m - \tfrac{1}{2} - \frac{n}{2}\right)}{m\,(m-1)} < \frac{Q}{P} \quad \text{of} \quad \frac{n\,(2m - n - 1)}{m\,(m-1)} < \frac{Q}{P}$$

Voorbeeld: $Q = 5$ ton, $P = 1$ ton, $n = 8$

dan moet dus

$$\frac{8\,(2m-9)}{m\,(m-1)} < 5$$

bij m = 1 is de eerste term ∞
„ m = 2 „ „ „ „ — 20
„ m = 3 „ „ „ „ — 4
„ m = 4 „ „ „ „ — 2/3
„ m = 5 „ „ „ „ 2/5
„ m = 6 „ „ „ „ 4/5
„ m = 7 „ „ „ „ 20/21
„ m = 8 „ „ „ „ 1

zoodat dus in alle vertikalen trekspanning heerscht, wanneer de mobiele belasting links van het veld geplaatst wordt.

Paraboolliggers.

Onder paraboolliggers verstaat men liggers, waarvan de belaste knooppunten van onder- of bovenrand in een parabool liggen. Het is bekend, dat de knooppunten van een stangenveelhoek in een parabool moeten liggen, wanneer de belasting over de horizontale projectie van den veelhoek gelijkmatig verdeeld is en door middel van vertikale stangen in de knooppunten wordt overgebracht. Men zal bij een zoodanigen ligger dus bij genoemde belastingverdeeling geen spanning in de diagonalen hebben, welke dan ook alleen worden aangebracht om de spanningen tengevolge van de mobiele belasting op te nemen. Dit kan ook uit het volgende worden afgeleid. Voor het bovenknooppunt van de n^e vertikaal (fig. 77) heeft men de evenwichtsvergelijking

$$B_{n-1} \cos \alpha_{n-1} - B_n \cos \alpha_n - D_n \sin \beta = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

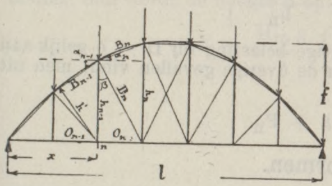


Fig. 77.

of daar volgens de momentenvergelijking voor het benedenknooppunt n:

$$B_{n-1} \times h^1 = M_n$$

of $B_{n-1} \; h_{n-1} \; \cos \alpha_{n-1} = M_n$

en ook $B_n \; h_n \cos \alpha_n = M_{n+1}$

wordt dus (1)

$$\frac{M_n}{h_{n-1}} - \frac{M_{n+1}}{h_n} - D_n \sin \beta = 0$$

of bij D = 0
$$\frac{M_n}{h_{n-1}} = \frac{M_{n+1}}{h_n}$$

In het midden van den ligger is bij gelijkmatige belasting $M = {}^1/_8 \, q \, l^2$ en voor een willekeurig punt x:

$$M_x = \frac{1}{2} \, q \, x \, (l - x).$$

Is H de hoogte van de parabolische lijn in het midden van den ligger, dan is dus ook:

$$\frac{\frac{1}{2} \, q \, x \, (l - x)}{h_x} = \frac{{}^1/_8 \, q \, l^2}{H}$$

waaruit

$$h_x = \frac{4 \, H}{l^2} \, x \, (l - x) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2)$$

welke de hoogte der vertikalen voor de paraboolliggers aangeeft.

Daar de verhouding tusschen het moment en de hoogte $\frac{M}{h - 1}$ constant is, zal ook de waarde B cos α constant zijn, d.w.z. de horizontaalontbondenen der randspanningen zijn gelijk.

De spanningen in de randen wijken dus niet veel van elkaar af en de doorsnede is nagenoeg constant. Door deze omstandigheid en omdat de diagonalen en vertikalen minder materiaal vorderen, zijn de paraboolliggers voordeelig ten opzichte van het materiaalverbruik.

Voor een minimum materiaalgewicht moet de hoogte van den ligger in het midden ongeveer $^1/_8$ van de overspanning wezen. Volgens Winkler:

$$h = 0{,}33 + 0{,}115 \; l$$

waarin l in Meters.

Voor de spanning in den onderrand vindt men uit de momentenvergelijking voor het bovenknooppunt van vertikaal h_n

$$O_n \times h_{n-1} = M_{n-1}$$

of
$$O_n = \frac{M_{n-1}}{h_{n-1}}$$

of daar volgens (2):

$$h_{n-1} = \frac{4\ H}{l^2}\ x\ (l - x)$$

en bij gelijkmatige belasting:

$$M_{n-1} = \tfrac{1}{2}\ q\ l\ x - \tfrac{1}{2}\ q\ x^2 = \tfrac{1}{2}\ q\ x\ (l - x)$$

wordt $O_n = \dfrac{\tfrac{1}{2}\ q\ x\ (l-x)}{\dfrac{4\ H}{l^2}\ x\ (l-x)} = \dfrac{\tfrac{1}{2}\ ql^2}{4\ H} = \dfrac{ql^2}{8\ H}$

dus voor elk veld constant.

Uit (1) vindt men voor:

$$D_n = \frac{1}{\sin \beta} \left\{ \frac{M_n}{h_{n-1}} - \frac{M_{n+1}}{h_n} \right\}$$

De spanning in de vertikalen is bij gelijkmatige belasting bij D = o gelijk aan de belasting in het knooppunt aangrijpende; in de overige gevallen vindt men uit het evenwicht in het benedenknooppunt

$$V_n = - D_n \cos \beta + P_n$$

Diverse liggervormen.

Halfparaboolliggers, volgens fig. 78, hebben een rechten onderrand en een bovenrand, welke parabolisch verloopt tusschen twee eindvertikalen. De hoogte van een vertikaal V_x wordt bij n velden gegeven door de formule:

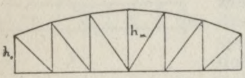


Fig. 78.

$$h_x = h_o + \frac{4\ x\ (n - x)}{n^2}\ (h_m - h_o)$$

Pauliliggers zijn liggers, waarbij de spanningen in den bovenrand in alle velden bij gelijkmatige belasting gelijk worden gehouden. Zij hebben symmetrischen onder- en bovenrand.

Uit de betrekking

$$B_n h_n\ \cos \alpha_n = M_{n+1}$$

volgt

$$B_n = \frac{M_{n+1}}{h_n\ \cos \alpha_n}$$

welke dus constant moet zijn en gelijk aan dezelfde verhouding in het midden van den ligger

of

$$\frac{M_{n+1}}{h_n\ \cos\alpha_n} = \frac{\tfrac{1}{8}\ q\ l^2}{h_m}$$

welke voert tot de onderstaande formule

$$h_x = 4\ h_m \frac{x}{l} \left(1 - \frac{x}{l}\right) \left\{ 1 + 2 \cdot \frac{h_m}{l^2} \left(1 - 2\,\frac{x}{l}\right)^2 \right\}$$

waarin h_x de hoogte van den ligger ter plaatse van den afstand x uit het linker steunpunt en h_m de hoogte in het midden voorstelt.

Schwedlerliggers worden volgens het beginsel geconstrueerd, dat de spanningen in de diagonalen steeds in dezelfde richting werken bijv. steeds op trek worden belast, waardoor contradiagonalen worden vermeden. De randvorm wordt nu zoodanig gekozen, dat de door een belasting teweeggebrachte drukspanning in de diagonalen nul wordt.

Bij de algemeene formule voor paraboolliggers is reeds gevonden

$$D_n \sin \beta = \left(\frac{M_{n+1}}{h_{n+1}} - \frac{M_n}{h_n} \right)$$

Bij de ongunstigste belasting moet dus

$$\frac{M_{n+1}}{h_{n+1}} \leqq \frac{M_n}{h_n}$$

Bij gelijkmatige belasting vindt men dan een hyperbool, die echter niet symmetrisch is ten opzichte van het midden. Bepaalt men dus den vorm zoodanig, dat voldaan wordt aan den eisch, zoowel als de belasting van links opkomt, alswanneer deze van rechts opkomt, dan krijgt men een bovenbegrenzing van den ligger, die nabij het midden een indeuking heeft, dus weinig constructief en minder fraai van aanzien. Het middendeel maakt men dus recht, waardoor echter in dat middendeel weer afwisselende spankrachten voorkomen, dus bij slappe diagonalen, contra-diagonalen noodig zijn.

Is H_m de hoogte in het midden, g de blijvende en p de toevallige (verkeers-) belasting, dan wordt de hoogte h op een afstand x uit het steunpunt

$$h = \frac{H_m g}{l}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{p}{g}}\right)^2 \frac{x\ (l - x)}{gl + px}.$$

Berekening van gewapend beton. *)

Litteratuur.

Gewapend Betonvoorschriften (G.B.V.) 1918 vastgesteld door het Kon. Instituut van Ingenieurs, Uitgave L. J. Veen, Amsterdam.

Prof. E. Mörsch. Der Eisenbetonbau.
C. Kersten. Der Eisenbetonbau.
A. A. Boon c. i. „Boon's Gewapend Beton Bibliotheek", Sijthoff, Leiden.
P. W. Scharroo. Inleiding tot de studie van Gewapend Beton, v. Mantgem & De Does, A'dam.
L. A. Sanders. Het Cementijzer in theorie en practijk, Ahrend, A'dam.
Ir. A. W. C. Dwars. Beton en Gewapend Beton, Æ. E. Kluwer, Deventer.
M. Foerster. Das Material und die statische Berechnung der Eisenbetonbauten.
P. Christophe Le Béton armé et ses applications.
Dr. R. Saliger. Der Eisenbetonbau in Theorie und Konstruktion.
Dr. Ing. W. Frank. Eisenbetonbau.
Dipl. Ing. Georg Kaufmann. Tabellen für Eisenbetonkonstruktionen.
A. A. van der Vooren. Het ontwerpen en controleeren van gewapend-beton-constructies met behulp van Grafieken, Æ. E. Kluwer, Deventer.

Algemeene wijze van berekening.

Volgens de G. B. V. 1918 moet de berekening geschieden volgens de leer der statica en elasticiteit en niet worden uitgevoerd volgens empirische regels.

Statisch onbepaalde constructies.

Worden deze uit de vormverandering berekend, dan moet volgens de G. B. V:

1°. voor de bepaling der traagheidsmomenten de volle betondoorsnede in rekening worden gebracht met gelijke elasticiteitsmoduli voor trek en druk en met verwaarloozing van het ijzer; bij de berekening der vormverandering wordt voor den elasticiteitsmodulus van beton 210 000 KG/cM^2 aangenomen.

2°. het positieve buigingsmoment in eenig punt van de liggers van het stelsel niet kleiner worden aangenomen dan de waarde, welke gevonden wordt door het moment, dat bij vrije oplegging zou optreden, te verminderen met $^2/_3$ van het gemiddelde der berekende inklemmingsmomenten. Bij gewone bouwwerken behoeft niet met temperatuurswisselingen rekening te worden gehouden, indien op afstanden van 30 tot hoogstens 40 M voegen worden aangebracht.

Indien de berekening van statisch onbepaalde constructies met rechte as op 2 of meer steunpunten niet uit de vormverandering wordt afgeleid, moet zij worden uitgevoerd met inachtneming van het volgende.

Momenten.

1°. Bij een ligger, welke aan de einden vrij is opgelegd of in het metselwerk is ingekast of ingemetseld, moet het moment worden aangenomen, dat bij vrije oplegging zou kunnen optreden. Voor de berekening van de doorsnede nabij de opleggingen moet een toevallig inklemmingsmoment van minstens $^1/_3$ van het maximum positiefmoment in rekening worden gebracht.

2°. Bij gedeeltelijk ingeklemde liggers d.z. liggers, welke aan de uiteinden één geuitmaken met een balk van gewapend beton, moet het moment in het midden worden aangenomen op $^2/_3$ van het maximum moment, dat bij vrije oplegging zou kunnen optreden. Bij zuiver ingeklemde liggers moet zoowel in het midden als bij de inklemming een moment worden aangenomen van $^2/_3$ van het maximum moment bij vrije oplegging.

3°. Bij liggers, die aan één uiteinde vrij opgelegd en aan het andere uiteinde geheel of gedeeltelijk ingeklemd zijn, is het moment in het midden aan te nemen op $^4/_5$ van

*) Zie ook onder het Hoofdstuk: Gewapend Betonwerk „Algemeene regels bij de uitvoering van gewapend beton-constructies".

het maximum moment bij vrije oplegging, terwijl voor het inklemmingsmoment, dat maximum moment zelf is aan te nemen bij volledige inklemming en $^4/_5$ van dat moment bij gedeeltelijke inklemming.

4°. Bij een ligger, doorgaande over 3 steunpunten met een lengte l per veld en een gelijkmatig verdeelde belasting q per eenheid van lengte, moet voor het moment boven het tusschensteunpunt worden aangenomen — $^1/_8$ ql² en voor dat in het midden der overspanningen $^1/_{10}$ ql².

Maakt een dergelijke ligger aan de uiteinden één geheel uit met een balk of een kolom van gewapend beton, dan mag het moment van — $^1/_8$ ql² worden verminderd tot — $^1/_{10}$ ql² en het moment van $^1/_{10}$ ql² tot $^1/_{12}$ ql².

Bij een ligger, doorgaande over vier of meer steunpunten met een lengte l per veld en een gelijkmatig verdeelde belasting van q per eenheid van lengte, moet voor het moment boven de tusschensteunpunten worden aangenomen — $^1/_{10}$ ql²; en voor dat in het midden der overspanningen $^1/_{10}$ ql².

Maakt een dergelijke ligger aan zijn uiteinde één geheel uit met een balk of kolom van gewapend beton, dan mag het moment van — $^1/_{10}$ ql² worden verminderd tot — $^1/_{12}$ ql² en het moment van $^1/_{10}$ ql² tot $^1/_{12}$ ql².

Zijn liggers, doorgaande over 3 of meer steunpunten niet gelijkmatig, maar door een laststelsel belast en is het maximum moment, dat bij deze belasting en vrije oplegging aan de uiteinden, in een veld zou kunnen optreden M, dan is in rekening te brengen

$\pm$ M in plaats van $\pm$ $^1/_8$ ql²
$\pm$ $^4/_5$ M „ „ „ $\pm$ $^1/_{10}$ ql²
$\pm$ $^2/_3$ M „ „ „ $\pm$ $^1/_{10}$ ql²

5°. Indien een ontlasting van één of meer liggervelden niet is uitgesloten, moet in het midden der overspanning worden gerekend op een opbuigend moment van minstens $^1/_{20}$ (p — 2 g) l², waarin p de nuttige belasting en g het eigen gewicht per lengte-eenheid voorstelt. Dit opbuigend moment is minstens $^1/_{20}$ (p — ½ g) l² indien de ligger vrij op de steunpunten is opgelegd.

Deze opbuigende momenten behoeven alleen in rekening te worden gebracht, als de nuttige belasting op den vloer grooter is dan 800 KG/M². Plaatselijke belastingen voor dit geval te herleiden tot een equivalente gelijkmatige belasting.

6°. Indien bij liggers, doorgaand over meer dan twee steunpunten, de lengte der velden ongelijk is, wordt voor de berekening der momenten boven de tusschensteunpunten het grootste moment, dat in één der aangrenzende velden optreedt, aangehouden.

7°. Bij een plaat aan vier zijden opgelegd met een lengte l, een breedte b en een gelijkmatig verdeelde belasting van q per eenheid van oppervlak, moet voor het moment worden aangenomen in het midden der lengte $^1/_{10}$ ql² $\frac{b^4}{l^4 + b^4}$ en in het midden der breedte $^1/_{10}$ qb² $\frac{l^4}{l^4 + b^4}$

8°. Bij gelijke plaat doch aan vier zijden geheel of gedeeltelijk ingeklemd, moet voor de momenten zoowel in het midden als nabij de inklemming $^2/_3$ van de genoemde waarden worden aangenomen.

Reactiën.

9°. Bij een ligger als onder 3°. genoemd, doch doorgaande over meer dan 4 steunpunten moet voor de steunpuntsreacties in de tusschensteunpunten ql en voor die aan de uiteinden ½ ql worden gerekend.

10°. Bij een ligger als onder 3°. genoemde doch doorgaande over 3 of 4 steunpunten, moet voor de steunpuntsreactie in de tusschensteunpunten $^5/_4$ ql en voor die in de uiteinden ½ ql worden aangenomen. Zijn de liggers geheel of gedeeltelijk ingeklemd, dan moet voor de reacties in de tusschensteunpunten ql, voor die in de uiteinden ½ ql worden aangenomen.

11°. Bij een plaat als onder 7°. en 8°. genoemd, moet voor de steunpuntsreacties worden aangenomen, aan de zijde ter lengte b:

$$½ \, ql \frac{b^4}{l^4 + b^4}$$

en aan de zijde ter lengte l:

$$½ \, ql \frac{l^4}{l^4 + b^4}$$

Bij de bepaling van de overspanning van een balk of ligger moet deze met de halve lengten der wederzijdsche opleggingen worden vermeerderd. De vereischte lengte der oplegging is voor platen gelijk aan de plaatdikte, met een minimum van 11 cM volgens de G. B. V 1918. De lengte moet zoodanig worden berekend, dat de toe te laten druk niet wordt overschreden ; bij eindoplegging op een steenen muur mag volgens de G. B. V. slechts een gemiddelde druk gelijk aan $^2/_3$ van den toe te laten druk in rekening worden gebracht, evenwel zoodanig, dat de lengte der oplegging niet kleiner is dan 22 cM.

Wordt een plaat al dan niet voorzien van een drukverdeelende bovenlaag door een geconcentreerden last belast, dan mag de druk gelijkmatig verdeeld worden gedacht over een rechthoek, waarvan de afmeting in de richting der overspanning bedraagt 2 c + a en in de richting loodrecht daarop 2 c + b + $^1/_3$ l

waarin
- l. de overspanning
- a. de afmeting van den last in de richting der overspanning
- b. de afmeting van den last loodrecht daarop
- c. de afstand van den bovenkant der drukverdeelende laag tot onderkant plaat.

Inwendige spanningsverdeeling.

Bij de berekening van op buiging belaste balken worden de trekspanningen in het beton algemeen verwaarloosd en wordt uitgegaan van een drukdiagram, dat gevormd wordt door de lijn, welke de drukspanningen over het vlak der doorsnede aangeeft. (fig. 1.) Het meest aangenomen wordt het drukdiagram volgens een rechte lijn (driehoek oab), welke aanname tevens groote zekerheid geeft en is vastgelegd in de Gewapend Beton Voorschriften (G. B. V.) vastgesteld door het Kon. Inst. van Ingenieurs in 1918 en in de Duitsche voorschriften voor constructies van gewapend beton. Hierbij is dus uitgegaan van het standpunt, dat de wet van Hooke geldt.

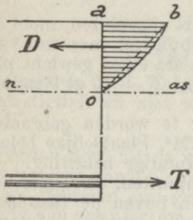


Fig. 1.

Bij de hieronder volgende formules voor de berekening is deze aanname aangehouden, ofschoon bij de aanname van de werkelijke spanningsverdeeling de drukkracht met ongeveer 7 % verminderd kan worden.

De elasticiteitsmodulus van het ijzer wordt volgens de G.B.V. 15 maal zoo groot als die van het beton aangenomen.

Brekeening van platen met enkele onderwapening.

Is in het algemeen
- h de plaatdikte in cM,
- b de plaatbreedte in cM,
- a de afstand van het zwaartepunt der wapening tot den onderkant der plaat in cM,
- x de afstand van de neutrale lijn tot den bovenkant der plaat in cM,
- f_y de ijzerdoorsnede voor de plaatbreedte in cM²,
- M het buigend moment voor de plaatbreedte in Kg/cM,
- n de verhouding der elasticiteitsmoduli voor ijzer en beton,

(in het algemeen, hoe kleiner n aangenomen wordt, hoe kleiner ijzerdoorsnede, maar hoe grooter plaatdikte),

- c de verhouding der toe te laten spanningen in het ijzer en het beton $\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_b}\right)$, dan kan men de afmetingen bepalen uit:

$$x = \alpha\,(h-a) \quad \text{waarin} \quad \alpha = \frac{n}{c+n} \tag{1}$$

$$\text{nuttige hoogte } h-a = \beta\sqrt{\frac{M}{b}} \quad ,, \quad \beta = (c+n)\sqrt{\frac{6}{n\,(3\,\sigma_y + 2\,n\,\sigma_b)}} \tag{2}$$

$$f_y = \gamma\sqrt{Mb} \quad ,, \quad \gamma = \frac{1}{c}\sqrt{\frac{3n}{2\,(\sigma_y + 2\,n\,\sigma_b)}} \tag{3}$$

waarin α, β en γ coëfficiënten, afhankelijk van de toe te laten spanningen in het beton en het ijzer.

Neemt men voor de op doorbuiging berekende constructiedeelen

$$n = \frac{E_y}{E_b} = 15$$

zooals ook door de G. B. V. wordt aangenomen, dan kunnen verschillende waarden van α, β en γ worden gevonden in onderstaande tabel:

Toe te laten spanning in het		Coëfficiënten			
beton σ_b	ijzer σ_y	c	α	β	γ
5	1200	240		2,633 6	0,032 2
10	,,	120		1,367 1	0,063 3
15	,,	80		0,944 3	0,093 6
20	,,	60		0,731 9	0,121 9
25	,,	48		0,604 1	0,149 8
30	,,	40	0,273	0,518 5	0,176 8
35	,,	34,28	0,304	0,457 1	0,202 8
40	,,	30	0,333	0,410 8	0,228 2
45	,,	26,67	0,360	0,374 6	0,252 8
50	,	24	0,385	0,345 4	0,276 7
5	1000	200	0,069 76	2,423 0	0,000 422 5
10	,,	100	0,130 43	1,266 7	0,000 825 3
15	,,	66,67	0,183 67	0,879 3	0,001 211
20	,,	50	0,230 76	0,685 2	0,001 581
25	,,	40	0,272 73	0,568 0	0,001 936
30	,,	33,33	0,310 34	0,489 5	0,002 279
35	,,	28,57	0,344 27	0,433 0	0,002 609
40	,,	25	0,375 00	0,390 4	0,002 928
45	,,	22,22	0,402 98	0,356 9	0,003 236
50	,,	20	0,428 57	0,329 9	0,003 536
20	900	45	0,250	0,660 6	0,001 835
25	,,	36	0,294	0,549 2	0,002 243
30	,,	30	0,333	0,474 4	0,002 635
35	,,	25,71	0,368	0,420 5	0,003 012
40	,,	22,50	0,400	0,387 98	0,003 376
20	800	40	0,273	0,635	0,002 17
25	,,	32	0,319	0,530	0,002 64
30	,,	26,67	0,360	0,459	0,003 09
35	,,	22,86	0,396	0,408	0,003 53
40	,,	20	0,429	0,367	0,003 97

Bij bekend buigend moment M kunnen met behulp van de formules (1), (2) en (3) en achterstaande tabel, direct de afmetingen van de plaat worden afgeleid.

Deze tabel geeft de afmetingen voor platen, waarbij de toe te laten spanning in het beton op 40 KG cM². en in het ijzer op 1000 KG cM²en n = 15 aangenomen is (ontleend aan *Wayss* und *Freijtag*).

M KGcM	h—a cM	h cM	f_y cM²	M KGcM	h — a cM	h cM	f_y cM²
10 000	3,90	5,0	2,93	55 000	9,15	10,5	6,86
11 000	4,09	5,0	3,07	60 000	9,56	11,0	7,16
12 000	4,27	5,5	3,20	65 000	9,94	11,5	7,45
13 000	4,44	5,5	3,33	70 000	10,32	12,0	7,74
14 000	4,62	6,0	3,46	75 000	10,68	12,0	8,01
15 000	4,78	6,0	3,58	80 000	11,05	12,5	8,29
16 000	4,94	6,0	3,70	85 000	11,38	12,5	8,53
17 000	5,09	6,5	3,81	90 000	11,70	13,0	8,75
18 000	5,24	6,5	3,93	95 000	12,04	13,5	9,03
19 000	5,38	6,5	4,03	100 000	12,35	13,5	9,27
20 000	5,52	6,5	4,14	105 000	12,67	14,0	9,50
22 000	5,72	7,0	4,30	110 000	12,90	14,0	9,68
24 000	6,04	7,0	4,53	115 000	13,23	14,5	9,92
26 000	6,29	7,5	4,71	120 000	13,52	15,0	10,14
28 000	6,53	8,0	4,91	125 000	13,80	15,5	10,35
30 000	6,75	8,0	5,06	130 000	14,05	15,5	10,54
32 000	6,98	8,5	5,22	135 000	14,33	16,0	10,75
34 000	7,20	8,5	5,39	140 000	14,60	16,0	10,95
36 000	7,40	8,5	5,54	145 000	14,87	16,5	11,15
38 000	7,61	9,0	5,70	150 000	15,13	16,5	11,35
40 000	7,80	9,0	5,85	160 000	15,60	17,0	11,70
42 000	8,00	9,0	6,00	170 000	16,10	18,0	12,07
44 000	8,19	9,5	6,13	180 000	16,60	18,5	12,45
46 000	8,37	9,5	6,28	190 000	17,00	19,0	12,75
48 000	8,56	10,0	6,42	200 000	17,45	19,5	13,09
50 000	8,74	10,0	6,55				

Voorbeeld: Te ontwerpen een betonijzerplaat met een overspanning van 3 Meter en belast met een gewicht van 400 KG per M².

Stelt men de plaatdikte 12 cM, dan is het eigengewicht per M²:
$1 \times 1 \times 0{,}12 \times 2400 = 288$ KG en de totale belasting per Meter breedte $(288 + 400) \times 3{,}00 = 2064$ KG. Het maximum moment bij vrije oplegging is daarbij $^1/_8 \times 2064 \times 300 = 77400$ KGcM.

Bovenstaande tabel geeft voor dit moment h gelegen tusschen 12 en 12,5 cM. Neem $h = 12{,}5$ cM en $f_y = 8{,}14$ cM² of 11 staafjes van 10 mM φ (= 8,64 cM²).

Zijn de afmetingen en de ijzerdoorsnede van een plaat met enkele wapening bekend, dan kunnen de spanningen in het beton en het ijzer worden berekend uit

$$x = \frac{n\,f_y}{b}\left\{-1 + \sqrt{1 + \frac{2b\,(h-a)}{n\,f_y}}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{2M}{b\,.\,x\left(h-a-\frac{x}{3}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

$$\sigma_y = \frac{M}{f_y\left(h-a-\frac{x}{3}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Is de plaatdikte gegeven en wil men uit de aangenomen toe te laten spanningen in het ijzer en beton de ijzerdoorsnede bepalen, dan heeft men

$$f_y = \frac{b\,n}{2c\,(c+n)}\,(h-a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

welke formule ook uit (2) en (3) kan worden afgeleid.

Berekening van platen met dubbele wapening.

Is met de gebezigde notaties op bldz. 358 (fig. 2)

h' de afstand van het zwaartepunt der wapening tot bovenrand der plaat,

a' de afstand van het zwaartepunt der bovenwapening tot bovenkant der plaat,

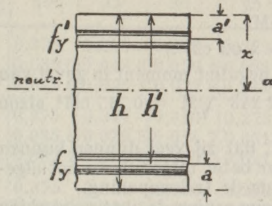


Fig. 2.

f'_y de gezamenlijke doorsnede der bovenste gedrukte staven voor de plaatbreedte b in cM²,

σ'_y de betreffende ijzerspanning in de bovenwapening in KG/cM²,

dan vindt men voor den afstand van de neutrale lijn tot den bovenkant der plaat:

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + q}$$

waarin $p = \frac{2n}{b}(f_y + f'_y)$

$$q = \frac{2n}{b}(f_y h' + f'_y a')$$

of ook $$x^2 + \frac{2nx}{b}(f_y + f'_y) = \frac{2n}{b}(f_y h' + f'_y a') \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Verder is het grootste buigingsmoment voor de plaatbreedte

$$M = \frac{\sigma_b \, . \, x \, . \, b}{2}\left(h' - \frac{x}{3}\right) + \frac{\sigma_b \, . \, n\,(x - a')\, f'_y\,(h' - a')}{x} \quad . \; . \; . \quad (2)$$

waaruit $$\sigma_b = \frac{6\,M\,x}{x^2 \, . \, b\,(3\,h' - x) + b \, . \, n \, . \, f'_y\,(x - a')\,(h' - a')} \quad . \; . \; . \quad (3)$$

De gemiddelde drukspanning in de bovenste ijzerstaven vindt men met behulp van de formule

$$\sigma'_y = \frac{\sigma_b \, . \, n \, . \, (x - a')}{x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

en de gemiddelde trekspanning in de onderste staven uit:

$$\sigma_y = \frac{\sigma_b \, . \, n \, . \, (h' - x)}{x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

In het algemeen is hierbij de plaathoogte h — a weder uit te drukken in

$$h - a = \beta \sqrt{M}$$

en de ijzerdoorsnede $$f_y + f'_y \quad \text{in} \quad f = \gamma \sqrt{M}$$

wanneer de spanningen gegeven zijn, de drukwapening in de trekwapening en de afstand van bovenkant beton tot het hart van de drukwapening in de nuttige hoogte worden uitgedrukt.

De waarden van β en γ kunnen worden gevonden uit onderstaande tabel bij halfzware bovenwapening en $a' = 0{,}10\,(h - a)$ (ontleend aan de Waterstaats-Ingenieur 1918 bldz. 189. Grafieken voor het berekenen van vlakke gewapend betonplaten door Ir. E. H. Smid.)

$\sigma_b =$		20	25	30	35	40
$\sigma_y = 700$	β	0,056 34	0,045 74	0,038 45	0,033 06	
	γ	0.028 17	0,035 22	0,042 38	0,049 71	
$\sigma_y = 800$	β	0,059 65	0,048 49	0,040 86	0,035 25	0,030 92
	γ	0,023 08	0,028 82	0,034 61	0,040 49	0,046 50
$\sigma_y = 900$	β	0,062 73	0,051 01	0,043 04	0,037 21	0,032 73
	γ	0,019 36	0,024 16	0,028 98	0,033 85	0,038 79
$\sigma_y = 1000$	β	0,065 61	0,053 36	0,045 05	0,039 00	0,034 37
	γ	0,016 55	0,020 64	0,024 74	0,028 87	0,033 05

Voorbeeld: Gevraagd voor een plaat met positief moment M = 250 000 KG/cM;² en negatief moment M = 100 000 KG/cM² met toe te laten spanningen van 900 en 25 KG/cM² in het ijzer en het beton, de plaathoogte en ijzerdoorsnede.

Volgens de tabel is voor het maximum positief moment

$$h - a = 0{,}05101 \sqrt{M} = 25{,}5 \text{ cM}$$

$$f = 0{,}02416 \sqrt{M} = 12{,}1 \text{ cM}^2$$

of $$f_y = {}^2/_3 \times 12{,}1 = 8{,}07 \text{ cM}^2 \text{ en } f'_y = 4{,}03 \text{ cM}^2.$$

Voor h — a of gelijk aan h — a′ gesteld, is bij het negatief moment in geval van enkele wapening volgens de eerste tabel $f_y = 0{,}002\,243 \sqrt{M} = 0{,}717 \text{ cM}^2$, alzoo is de bovenwapening groot genoeg.

Platen met dubbele wapening hebben het voordeel, dat zij veel dunner kunnen zijn, waarbij het beton minder wordt belast en het ijzer beter uitgenut. In het algemeen neemt men de bovenwapening half zoo zwaar als de trekwapening.

Bij dikke platen is bij even zware boven- als onderwapening de nuttige werking der gedrukte staven zeer gering.

De mindere dikte der platen gaat evenwel gepaard met hoogere kosten tengevolge van de meerdere ijzerdoorsnede.

Neemt men aan, dat 1 M³ beton van 1 dl. cement op 4 dl. grint en zand in het werk f 12,— kost en 1 cM² ijzerdoorsnede per Meter plaatbreedte of 0,785 KG per M² plaat komt te staan op f 0,11 per KG, dan is de dikte van de betonlaag, welke evenveel kost als 1 cM² ijzerdoorsnede 0,72 cM. zoodat voor elken centimeter mindere plaathoogte, de ijzerdoorsnede hoogstens 1,40 cM² meer mag bedragen, waaraan zelden wordt voldaan.

Berekening van T-vormige balken.

Bij T-vormige balken kan men ten opzichte van de ligging van de neutrale lijn drie gevallen onderscheiden:

I de neutrale lijn ligt in de flens,
II „ „ „ valt met den onderkant van de flens samen,
III „ „ „ gaat door de opstaande rib.

Zijn de overspanningen klein en de belastingen gering, dan zal de neutrale lijn meestal in de flens of gelijk met den onderkant daarvan vallen.

Gevallen I en II.

Men heeft bij de gevallen I en II evenals bij de eenvoudige platen met enkele wapening de volgende betrekkingen:

$$x = \alpha\,(h - a) \quad \ldots \quad (1), \text{ waarin } \alpha = \frac{n}{c + n}.$$

$$h - a = \beta \sqrt{M} \quad \ldots \quad 2), \text{ waarin } \beta = (c + n) \sqrt{\frac{6}{b \cdot n\,(3\,\sigma_y + 2\,n\,\sigma_b)}}$$

$$\text{en } f_y = \gamma \sqrt{M}\ . \quad (3), \text{ waarin } \gamma = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{3nb}{2\,(3\,\sigma_y + 2\,n\,\sigma_b)}}$$

en waarin α, β en γ weder afhankelijk van de toe te laten spanningen in het beton en het ijzer.

De flensdikte moet daarbij steeds grooter zijn dan de waarde van x.

Bij groote overspanningen en belastingen krijgt men hiermede te groote flensdikten en moet de balk volgens het geval III worden bepaald.

Nevenstaande tabel geeft de waarden van α, β en γ voor verschillende toe te laten spanningen en flensbreedten.

Waarde der coëfficiënten	toe te laten spanning ijzer / toe te laten spanning beton $= \frac{\sigma_y}{\sigma_b} = c$											
	$\frac{1000}{40}$	$\frac{1000}{35}$	$\frac{1000}{30}$	$\frac{1000}{25}$	$\frac{1000}{20}$	$\frac{900}{40}$	$\frac{900}{35}$	$\frac{900}{30}$	$\frac{900}{25}$	$\frac{900}{20}$	$\frac{800}{40}$	$\frac{700}{40}$
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0.294	0,250	0,428	0,461
β	0,039 0	0,043 3	0,050 1	0,056 8	0,068 5	0,038	0,042 8	0,047 4	0,054 9	0,058 9	0,036 9	0,035 8
γ	0,029 6	0,026 1	0,022 8	0,019 4	0,015 8	0,033 8	0,030 1	0,026 4	0,022 4	0,018 4	0,039 5	0,047 2
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0,294	0,250	0,428	0,461
β	0,035 6	0,039 5	0,044 7	0,051 9	0,062 5	0,034 7	0,039 1	0,043 3	0,050 1	0,053 7	0,033 7	0,032 7
γ	0,032 1	0,028 6	0,025 0	0,021 2	0,017 7	0,037 0	0,033 0	0,028 9	0,024 6	0,020 1	0,043 3	0,051 7
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0,294	0,250	0,428	0,461
β	0,032 9	0,036 6	0,041 4	0,048 0	0,057 9	0,032 1	0,036 2	0,040 1	0,046 4	0,049 8	0,031 2	0,030 2
γ	0,034 6	0,030 9	0,027 0	0,022 9	0,018 7	0,039 9	0,035 6	0,031 2	0,026 5	0,021 7	0,046 8	0,055 8
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0,294	0,250	0,428	0,461
β	0,030 9	0,034 2	0,038 7	0,044 9	0,054 2	0,030 0	0,033 8	0,037 5	0,043 4	0,046 5	0,029 2	0,027 6
γ	0,037 0	0,033 0	0,029 5	0,024 5	0,020 0	0,042 7	0,038 1	0,033 3	0,028 4	0,023 2	0,050 0	0,059 7
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0,294	0,250	0,428	0,461
β	0,029 1	0,032 3	0,036 5	0,042 3	0,051 1	0,028 3	0,031 9	0,035 4	0,040 9	0,043 9	0,027 5	0,026 7
γ	0,039 0	0,035 0	0,030 6	0,026 0	0,021 2	0,045 3	0,040 4	0,035 4	0,030 1	0,024 6	0,053 0	0,063 3
α	0,375	0,344	0,310	0,273	0,231	0,400	0,368	0,333	0,294	0,250	0,428	0,461
β	0,027 6	0,030 6	0,034 6	0,040 2	0.048 4	0,026 9	0,030 3	0,033 2	0,038 8	0,041 6	0,026 1	0,025 3
γ	0,041 4	0,036 9	0,032 2	0,027 3	0,022 4	0,047 7	0,042 6	0,037 3	0,031 7	0,026 0	0,055 9	0,066 7

Geval III: Vindt men bij de bepaling van $h-a = \beta \sqrt{M}$ en $x = \alpha (h-a) = \alpha \beta \sqrt{M}$, dat de neutrale lijn valt in het lijf of de rib, dan gelden voor de bepaling van den balk de formules:

$$x = \alpha (h-a) \quad . \; . \; . \quad (1)$$

$$h - a = \frac{M}{p_1} + p_2 + \sqrt{\left(\frac{M}{p_1} + p_2\right)^2 - p_3} \quad . \; . \; . \quad (2)$$

waarin: $p_1 = 2 \, \sigma_b \, b \, d$

$$p_2 = \frac{d}{4}\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

$$p_3 = \frac{d^2}{3 \alpha}$$

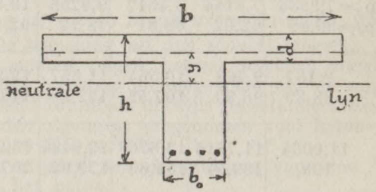


Fig. 3

$$\text{en } f_y = \frac{M}{\sigma_y (h - a - x + y)} \; . \; . \; . \; (3)$$

waarin y de afstand van het zwaartepunt van het druktrapezium van de vloerplaat tot de neutrale as en gelijk aan

$$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6 (2x - d)}$$

De waarde van α is uit de bovenstaande tabel te ontleenen. De volgende tabellen geven de waarden van p_1, p_2 en p_3 voor verschillende vloerdikten *d* en verschillende toe te laten spanningen σ_b en σ_y:

Waarde van p_1

Nuttige flensbreedte b cM	Vloerplaatdikte d cM	c = 1000/40	1000/35	1000/30	1000/25	1000/20	900/40	900/35	900/30	900/25	900/20	8/4
100	8	p_1 = 64 000	56 000	48 000	40 000	32 000	64 000	56 000	48 000	40 000	32 000	64
	10	80 000	70 000	60 000	50 000	40 000	80 000	70 000	60 000	50 000	40 000	80
	12	96 000	84 000	72 000	60 000	48 000	96 000	84 000	72 000	60 000	48 000	96
	14	112 000	98 000	84 000	70 000	56 000	112 000	98 000	84 000	70 000	56 000	112
120	10	96 000	84 000	72 000	60 000	48 000	96 000	84 000	72 000	60 000	48 000	96
	12	115 200	98 000	86 400	72 000	57 600	115 200	98 000	86 400	72 000	57 600	115
	14	134 400	117 600	100 800	84 000	67 200	134 400	117 600	100 800	84 000	67 200	134
	16	153 600	134 400	115 200	96 000	76 800	153 600	134 400	115 200	96 000	76 800	153
140	10	112 000	84 000	84 000	70 000	56 000	112 000	84 000	84 000	70 000	56 000	112
	12	134 400	117 600	100 800	84 000	67 200	134 400	117 600	100 800	84 000	67 200	134
	14	196 000	137 200	117 600	98 000	78 400	196 000	137 200	117 600	98 000	78 400	196
	16	224 000	156 800	134 400	112 000	89 600	224 000	156 800	134 400	112 000	89 600	224
160	12	192 000	134 400	115 200	96 000	76 800	192 000	134 400	115 200	96 000	76 800	192
	14	224 000	156 800	134 400	112 000	89 600	224 000	156 800	134 400	112 000	89 600	224
	16	256 000	179 200	153 600	128 000	102 400	256 000	179 200	153 600	128 000	102 400	256
	18	288 000	201 600	172 800	144 000	115 200	288 000	201 600	172 800	144 000	115 200	288

Waarde van p_2 en p_3

Vloerplaatdikte d cM	c = 1000/40	1000/35	1000/30	1000/25	1000/20	900/40	900/35	900/30	900/25	900/20	80/4
8	p_2 = 7,3336 p_3 = 56,89	7,8144 62,02	8,4512 68,81	9,3256 78,14	10,6576 92,15	7,— 53,33	7,4344 58,07	8,0240 64,29	8,8024 72,56	9,— 85,33	6,67 49,8
10	9,167 88,89	9,768 96,90	10,564 107,52	11,657 122,10	13,322 143,98	8,750 83,33	9,293 90,58	10,030 100,46	11,003 113,38	12,500 133,33	8,34 77,8
12	11,0004 108,	11,7216 139,54	12,6768 154,83	13,9484 175,82	15,9864 207,33	10,5000 120	11,1516 130,44	12,0360 144,66	13,2036 163,27	15,— 192,—	10,0 112,
14	12,8238 174,23	13,6752 189,92	14,7896 210,74	16,3198 239,22	18,6508 282,20	12,2500 163,33	12,8102 177,54	14,0420 196,90	15,4042 222,22	17,5000 261,33	11,6 152,
16	14,6672 227,56	15,6288 248,08	16,9024 275,24	18,6512 312,56	21,3152 368,60	14,0000 213,33	14,8688 232,28	16,1480 257,16	17,6048 290,24	18,— 341,32	13,3 199,
18	16,5006 287,98	17,5824 313,96	19,0152 348,36	20,9826 395,60	23,9796 466,50	15,7500 270,	16,7274 293,48	18,0540 325,49	19,8054 367,24	22,500 432,	15,0 252,

Daar het eigengewicht der balken van grooten invloed is op de grootte van het moment, dient men het moment veelal weder te bepalen, nadat de afmetingen van den balk uit het eerste benaderde moment zijn vastgesteld. Met dit tweede gevonden moment zullen eerst de definitieve afmetingen kunnen worden bepaald.

Bij eenigszins grooten afstand der moerbinten zal de daardoor ontstane breede flens of vloer niet geheel aan de spanningsoverdracht deelnemen en moet slechts een gedeelte van de flens als nuttig dragend worden beschouwd. De Duitsche voorschriften nemen hoogstens $1/_6$ gedeelte van de overspanning der moerbinten als nuttige flensbreedte aan. Is de afstand tusschen twee moerbinten kleiner dan $1/_6$ van de overspanning, dan wordt de geheele werkelijke afstand als nuttige flensbreedte aangenomen.

Het eigengewicht van den balk wordt voor de berekening voorloopig aangenomen op 1,6 à 2 maal de nuttige flensdoorsnede.

Benaderend kan dan de ijzerdoorsnede worden berekend uit

$$f_y = \frac{M}{\sigma_y \left(h - a - \frac{d}{2}\right)}.$$

Berekening van schuif- en adhaesiespanningen in gewapend beton.

In elke doorsnede van een homogenen balk werken zooals bekend (zie bldz 310) normaalspanningen σ en schuifspanningen τ, die twee loodrecht op elkaar staande hoofdspanningen geven ter grootte van

$$\sigma_I = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2}$$

en

$$\sigma_{II} = \frac{\sigma}{2} - \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2}$$

en waarvan de richting bepaald wordt door

$$tg 2\alpha = -\frac{2\tau}{\sigma}$$

waarbij ondersteld wordt, dat tusschen de balkvezels in vertikalen zin geen druk plaats heeft. De schuifspanningen, te berekenen uit

$$\tau = \frac{VS}{Jb}$$ (zie bldz. 307.

treden paarsgewijze op. Is $\tau = 0$ zooals bij wringing of in de neutrale as, dan is $tg\ 2\alpha = \infty$ of $\alpha = 45°$. In de neutrale as snijden de spanningslijnen, welke de vlakte-elementen met grootste en kleinste hoofdspanningen verbinden, de neutrale as alzoo onder 45° en is de grootste schuifspanning aldaar $\tau_0 = \sigma_I$.

Daar bij beton de trekvastheid gering is, zal de breuk overal intreden, waar de scheeve trekspanning σ_I heerscht. De wapening zal dus zooveel mogelijk de spanningslijnen voor de trekspanningen moeten volgen, hoewel practisch dikwijls moeilijk uitvoerbaar, daar bij veranderlijke belasting en tengevolge van de wapening de spanningsverdeeling in den gewapend-betonbalk dikwijls geheel anders wordt.

De toe te laten schuifspanningen worden algemeen aangenomen voor beton op 4,5 KG per cM^2 en voor ijzer op 800—900 KG per cM^2.

De G. B. V. van 1918 schrijven geen grootere schuifspanningen voor dan $1/_{10}$ van de toe te laten drukspanningen in het beton.

De vertikale schuifspanning in een doorsnede van een gewapend-betonbalk kan worden aangenomen voor het beton op

$$\tau_b = \frac{V}{f_b + nf_y}$$

en voor het ijzer op:

$$\tau_y = \tau_b = \frac{V}{f_y + \frac{f_b}{n}}$$

waarin V = de afschuivende kracht in de doorsnede werkende

f_b en f_y de doorsneden van het beton en het ijzer

n de verhouding der elasticiteitsmoduli $\frac{E_y}{E_b}$ (= 15)

Heeft men rechte wapening in de trekzone en neemt men weder aan, dat het beton geen trekspanning opneemt, dan neemt de horizontale schuifspanning van den bovenrand der doorsnede toe tot aan de neutrale as om aldaar haar maximum te bereiken en deze waarde te behouden tot aan den onderrand.

Deze horizontale schuifspanning, welke in de neutrale as en voor een aan de einden opgelegden balk bij de opleggingen het grootst is, wordt voorgesteld door

$$\tau_h = \frac{V}{b\,e}$$

waarin b de breedte van de plaat of den balk,
e de arm van het inwendig moment of bij platen

$$e = h - a - \frac{x}{3} \text{ voor enkele wapening en gelijk aan}$$

$$e = \frac{\sigma_b \frac{b\,x}{2}\left(h - a - \frac{x}{3}\right) + f'_y\,\sigma'_y\,(h - a - a')}{\sigma_b \frac{b\,.\,x}{2} + f'_y\,\sigma'_y} \text{ voor dubbele wapening,}$$

waarin a′ de afstand van het zwaartepunt der bovenbewapening tot den bovenkant der plaat in cM.

σ'_y de gemiddelde drukspanning in KG/cM² in de bovenwapening en f'_y de ijzerdoorsnede der bovenwapening in cM² per eenheid van plaatbreedte.

Bij plaatconstructies van de gebruikelijke overspanningen blijft de schuifspanning meestal beneden de toelaatbare grens; daarom zijn hier ook geen beugels of dwarsverbanden noodig.

Anders is het bij plaatbalken, waarbij een berekening op schuifspanning vereischt is, daar hierbij een breuk of scheuren bij de opleggingen of in den overgang van plaat in rib kan plaats vinden. Ligt de neutrale lijn in de flens of plaat, dan gelden de formules voor platen, maar moet de werkzame breedte van den plaatbalk in rekening genomen worden. Ligt de neutrale lijn buiten de plaat, zoo moet behalve de ribbreedte voor den arm van het inwendig moment genomen worden

$$e = (h - a - x + y).$$

De schuifspanning wordt dus grooter, hoe kleiner h en b zijn; om deze klein te houden is dus groote ribbreedte en groote constructiehoogte noodig.

Voor liggers en platen van rechthoekige doorsnede schrijft de G. B. V. een in rekening te brengen schuifspanning in het beton voor gelijk aan

$$\tau = {}^3/_2\,\frac{V}{B}$$

waarin B de betondoorsnede of bij T-liggers gelijk aan het product van ribbreedte en hoogte van den ligger.

De schuifspanningen in den balk kunnen worden opgenomen door beugels of door opwaarts buigen van eenige randstaven. Vooral de laatste wijze is gunstig en geeft zonder meer materiaalverbruik een grooter breuklast, waartoe eindhaken aan de staven ook bijdragen. Men voere daarbij de staven het gunstigst onder 45° omhoog.

a) Opname der schuifspanningen door beugels.

De beugels worden algemeen vertikaal geplaatst. Bij mobiele belastingen zijn zij ook in het midden van den balk noodig. Worden de beugels onder 45° geplaatst om de scheeve schuifspanningen op te nemen, dan kunnen zij deze niet op de onderste ijzeren overdragen, daar zij langs het ijzer trachten af te glijden en bij hooge belasting het betonhulsel afscheuren. Daarom wordt ook wel in dit geval vaste verbinding gekozen (speciaal ijzer) hoewel niet practisch. De beugels moeten op trek worden berekend en niet op afschuiving, zooals vroeger werd aangenomen. Is de schuifkracht V, dan moet dus de trekspanning in den vertikalen beugel ook V zijn.

Is de afstand tusschen twee beugels gelijk aan s en de doorsnede van den beugel met de toe te laten trekspanning in het ijzer ς_y, dan is, wanneer de geheele chuifkracht V tusschen de beugels door deze moet worden opgenomen:

$$V = \sigma_y \, f \cdot \frac{e}{s} \text{ of } s = \frac{\sigma_y \cdot f \cdot e}{V}$$

Men kan ook een gedeelte van de schuifspanning door het beton laten opnemen-in dit geval wordt de schuifspanning met de waarde voor de toe te laten schuif; spanning in het beton (4,5 KG/cM²) verminderd, en wordt

$$s = \frac{\sigma_y \, f}{\left(\frac{V}{b.e} - 4,5\right) b}$$

De beugels moeten worden geplaatst te beginnen bij het punt, waar de schuifkracht grooter wordt dan die door het beton kan worden opgenomen.

De lengte c, gerekend van af de oplegging, waarover de beugels moeten worden aangebracht, kan worden bepaald uit:

$$c = \frac{(\tau_h - 4,5)}{\tau_h} \cdot \frac{l}{2}$$

waarin $\frac{l}{2}$ de afstand of lengte van het balkgedeelte, waarover de schuifkracht gelijkmatig van 0 tot haar maximum waarde aangroeit (bij opgelegde balken dus de halve lengte van den balk).

De afstand tusschen deze doorsneden wordt van af het punt met de schuifkracht $= 0$ steeds kleiner; zijn er i doorsneden, dan zijn de afstanden tot dit punt evenredig met $\sqrt{1}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, ...$\sqrt{i}$.

In de practijk neemt men den onderlingen afstand der beugels niet grooter dan 30 c.

b) **Opname der schuifspanningen door de randstaven.**

In het geval, dat men de afschuivende spanningen door de staven laat opnemen, buigt men deze veelal onder en hoek van 45° om. De plaats ,waarop deze moeten worden omgebogen, wordt bepaald door den afstand l van het eindpunt (de oplegging), welke wordt voorgesteld door:

$$l = \frac{V_{max} - V_b}{V_{max}} \cdot \frac{L}{2}$$

waarin V_{max} de afschuivende kracht aan het einde bij de oplegging,
V_b de afschuivende kracht door het beton opgenomen en gelijk aan $4,5 \times e \times b$
en L de overspanning van den balk.

Is de schuifkracht tusschen twee doorsneden gelijk v, dan is dus de trekspanning in de omgebogen staven $V \sqrt{2}$.

Adhaesie-spanningen.

De aanhechting van het beton aan het ijzer moet zóó groot zijn, dat de maximum horizontale schuifspanning deze niet kan verbreken, aan welken eisch, zooals door proeven is gebleken, veelal voldaan wordt.

De adhaesiespanningen voor de boven- en benedenwapening moeten zich verhouden als de spanningen in beide wapeningen.

De horizontale en adhaesiespanningen blijven bij platen veelal beneden de toegelaten grens. Vele proeven hebben aangetoond, dat de aanhechting van ijzer aan beton grooter is dan de schuifvastheid van beton.

Berekening van kolommen.

Wordt gewapend beton samengedrukt, dan zullen tengevolge van de aanhechting van het beton aan het ijzer, de samendrukkingen van beide materialen gelijk moeten zijn of wanneer de wet van Hooke voor beide materialen geldt:

$$\frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{\sigma_y}{E_y} \quad \text{of} \quad \sigma_y = n \, \sigma_b$$

Is f_b de doorsnede van een betonzuil en f_y de totale doorsnede van het ijzer, dan is de belasting

$$P = \sigma_b f_b + n \sigma_b f_y = \sigma_b (f_b + n f_y)$$

of

$$P = \sigma_b f_b (1 + n \mu) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin $\mu = \frac{f_y}{f_b}$ het ijzerpercentage der doorsnede

en n volgens de G. B. V. van 1918 gelijk 15 te nemen, waarbij f_y niet kleiner dan 1 % en niet meer dan 3 % van f_b in rekening te brengen.

Is de doorsnede grooter dan de berekende, dan moet f_y minstens 1 % van de vereischte doorsnede zijn, maar nooit kleiner dan 0,8 % van de aanwezige doorsnede.

Kolommen, welke worden uitgevoerd als omwikkeld beton en centrisch worden belast, moeten volgens de G.B.V. 1918 worden berekend door middel van de formule

$$P = \sigma_b (f_k + 15 f_y + 45 f_s)$$

waarin f_k het oppervlak van de kern van de gevaarlijke doorsnede,

f_y het oppervlak van de gezamenlijke doorsnede der hoofdwapeningsstaven in de beschouwde doorsnede,

$f_s = \frac{\pi\, Df}{s}$, waarin D de gemiddelde diameter van den cilinder, waarin de omwikkèling is gebogen,

f het oppervlak van de normale doorsnede der omwikkeling,

s de spoed der omwikkeling.

Is de doorsnede van een kolom in verhouding tot de hoogte klein, dan moet de kolom op knik worden berekend. Het daarvoor benoodigde traagheidsmoment der kolomdoorsnede kan dan met behulp van de formule van Euler (zie bldz. 309) worden berekend nl.:

$$J = \frac{\alpha\, Pl^2}{\pi^2\, E_b}$$

waarin α een zekerheidscoëfficiënt,

J het traagheidsmoment der doorsnede, waarbij de ijzerdoorsnede in rekening is gebracht door deze met $n = \frac{E_y}{E_b}$ te vermenigvuldigen,

en l de kniklengte in cM en voor de belastingsgevallen: (zie bldz. 309)

1. benedeneinde ingeklemd en boveneinde vrij, gelijk aan 2 × de lengte van de kolom.
2. benedeneinde ingeklemd en boveneinde draaibaar, gelijk aan 0,71 × de lengte van de kolom.
3. beide einden draaibaar bevestigd, gelijk aan de lengte van de kolom.
4. beide einden ingeklemd, gelijk aan 0,5 × de lengte van de kolom.

Zekerheidshalve wordt bij de berekening algemeen belastingsgeval 3 alzoo voor l de volle lengte en hoogstens ¾ daarvan in rekening genomen.

Daar de elasticiteitsmodulus van beton niet constant is, moet voor E_b de waarde worden gekozen, welke overeenkomt met de drukspanning bij het knikken. De G. B. V. 1918 schrijven daarom voor een modulus van 140 000 KG/cM². Volgens *Ritter* (Schweizerische Bauzeitung 1899) kan men voor E_b aannemen

$$1000\, (\sigma_b' - \sigma)$$

waarin $\sigma b'$ de breukspanning van het beton

en σ de spanning bij het knikken, welke gelijk te stellen is aan

$$\frac{\alpha\, P}{f_b\, (1 + n \mu)}$$

zoodat hiermede de formule overgaat in:

$$J = \frac{\alpha\, Pl^2}{1000\, \pi^2 \left\{ \sigma'_b - \frac{\alpha\, P}{f_b\, (1 + n\mu)} \right\}}$$

$$= \frac{\alpha\, Pl^2\, f_b\, (1 + n\mu)}{1000\, \pi^2 \left\{ \sigma'_b\, f_b\, (1 + n\mu) - \alpha\, P \right\}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2a)$$

of ook $$\alpha P = \frac{1000\,\pi^2\,\sigma_b^1\,f_b\,(1 + n\,\mu)\,J}{l^2\,f_b\,(1 + n\,\mu) + J\,1000\,\pi^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2b)$$

Volgens proeven van *Bach* geeft toepassing van de formule van *Rankine*

$$P = \frac{F\,\sigma_b}{1 + k\,\frac{Fl^2}{J}}$$

bij aanname van n = 15 beter met de waarneming overeenkomende uitkomsten en wel bij k = 0,000 05 F en J zijn weder de met de ijzerdoorsnede in rekening gebrachte doorsneden en traagheidsmomenten.

In het algemeen behoeven kolommen, waarvan de lengte minder dan 20 tot 23 maal de middellijn of de kleinste zijde der rechthoekige of vierkante doorsnede is, niet op knik te worden berekend, terwijl proeven hebben aangetoond, dat tot een lengte van 60 maal de traagheidsstraal der doorsnede der kolommen alleen op druk kan worden berekend.

De G. B. V. 1918 geven aan 18 maal de kleinste dwarsafmeting en toepassing van de formule van Euler met minstens 5-voudige zekerheid. Bij uitvoering in omwikkeld beton moeten de kolommen volgens deze G. B. V. op knik worden berekend, wanneer de lengte meer dan 14 maal de kleinste dwarsafmeting bedraagt, waarbij bij de berekening der knikvastheid en der spanningen door doorbuigende momenten de omwikkeling niet in rekening mag worden gebracht. In eindkolommen moet steeds op een doorbuigend moment worden gerekend, dat bij gebrek aan berekening op $^1/_{24}$ ql^2 moet worden gesteld, waarin l de overspanning en q de belasting per strekkende eenheid van den aangrenzenden ligger.

Men kiest zoo mogelijk eerst een doorsnede, welke kleiner afmeting heeft dan $^1/_{20}$ maal de lengte of neemt anders een ijzerpercentage μ aan, liggende tusschen 0,8 en 2½ %.

Hieruit is volgens (1) f_b te vinden. Bij een ijzerpercentage boven de 2½ % wordt de nuttige invloed van het ijzer geringer, waarbij men tevens te veel dwarswapening moet aanbrengen.

Voorbeeld. Een kolom te berekenen voor een belasting van 30 ton bij een lengte van 6 Meter en vierkante dwarsdoorsnede. Neemt men 1,5 % wapening aan, dan wordt dus volgens (1) bij σ_b = 40 KG/cM²

$$f_b = \frac{30\,000}{40\,(1 + 0{,}18)} = 636 \text{ cM}^2$$

of ongeveer 25 × 25 cM vierkant.

Bij 1,5 % wapening wordt de ijzerdoorsnede 9,54 cM², waarvoor te nemen 4 rondijzers van 18 mM of 4 × 2,54 cM². Liggen de ijzers op 20 cM uit elkaar, dan wordt het traagheidsmoment bij n = 12

$$J = {}^1/_{2} \times 25^4 + 12 \times 4 \times 2{,}54 \times 10^2 = 44\,744 \text{ cM}^4$$

en $f_b\,(1 + n\,\mu)$ of het tot beton herleide oppervlak der doorsnede

$$F = 25^2 + 12 \times 4 \times 2{,}54 = 747 \text{ cM}^2$$

zoodat de traagheidsstraal der doorsnede is

$$\sqrt{\frac{J}{F}} = 7{,}7$$

d. i. kleiner dan $^1/_{60}$ van de kolomlengte, zoodat de kolom op knik moet worden berekend. Neemt men voor de kniklengte de kolomlengte aan, dan wordt dus (2^b)

$$\alpha P = \frac{1000\,\pi^2 \times 747 \times 44\,744}{600^2 \times 747 + 1000\,\pi^2 \times 44\,744} - \sigma_b^1$$

$$= 460\,\sigma_b^1$$

Neemt men nu σ_b^1 op 250 KG/cM² aan, dan wordt dus α P = 115 000 KG of α = meer dan 3-voudige zekerheid.

De afstanden l, waarop een dwarswapening met dwarsbeugels moet worden aangebracht, worden practisch gelijk aan de kleinste afmeting van de kolom of

hoogstens gelijk aan 30 maal de ijzerdikte genomen. Theoretisch kunnen zij worden afgeleid uit de formule

$$l = \frac{1}{d} \times \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{E_y}{\alpha \, n \, \sigma_b}}$$

waarin d de diameter van een der wapeningstaven
α een zekerheidscoëfficiënt (gelijk aan 5 te nemen)
E_y de elasticiteitsmodulus van het ijzer
n de verhouding der elasticiteitsmoduli van ijzer en beton en gelijk aan 15 te nemen.

Excentrische belasting van kolommen.

Ligt het aangrijpingspunt van den druk buiten de kerngrens voor druk, dan moeten de optredende trekspanningen door het ijzer worden opgenomen. De kerngrens is van iedere as der doorsnede verwijderd over een afstand

$$\delta = \frac{W_i}{F_i}$$

waarin W_i het weerstandsmoment der doorsnede ten opzichte van die as en F_i de doorsnede, welke voor gewapend beton wordt uitgedrukt door

$$F_i = b\,h + n\,(f_y + f'_y)$$

waarin f_y en f'_y de ijzerdoorsneden ter weerszijden van de zwaarte-as der doorsnede.

Is z de kortste afstand van de zwaarte-as tot den rand der doorsnede, dan is voor de eene zijde

$$W' = \frac{J_i}{z} \text{ en voor de andere zijde } W'' = \frac{J_i}{h-z}$$

waarin J_i het traagheidsmoment van de gewapend-betondoorsnede, welke kan worden voorgesteld door

$$J = \frac{b}{3}\left\{ z^3 + (h-z)^3 \right\} + n \left\{ f_y\,(z-a)^2 + f'_y\,(h-z-a')^2 \right\}$$

en z door

$$z = \frac{\frac{bh^2}{2} + n \left\{ f_y\,a + f'_y\,(h-a') \right\}}{bh + n\,(f_y + f'_y)}$$

Bij symmetrische ijzerwapening en doorsnede is:

$$\delta = \frac{b\,h^2}{6\,F_i} + \frac{2\,n\,F_y \left(\frac{h}{2} - a\right)^2}{h\,F}$$

waarin

$$F_y = f'_y + f_y = 2\,f_y$$

Grijpt de drukkracht P aan op een afstand e uit het middelpunt der doorsnede dan is dus de maximum betonspanning aan den rand

$$\sigma_b = \frac{P}{F_i} + \frac{P \cdot e \cdot z}{J_i}$$

of voor symmetrische doorsnede

$$\sigma_b = \frac{P}{bh + n\,F_y} + \frac{P \cdot e \cdot h}{\frac{bh^3}{6} + 2\,n\,F_y\left(\frac{h}{2} - a\right)^2}$$

Berekening van enkele balken.

Visintini-balken. Dit zijn kleine vakwerkliggers met gelijke vierkante velden.

Is de hoogte h, dan zijn de de randspanningen $\frac{M}{h}$. De bovenrand, welke ongewapend zou kunnen blijven, moet evenwel bij een afstand der vertikalen van meer dan 40 cM op buiging worden berekend. De benoodigde ijzerdoorsnede daarvoor kan worden berekend uit

$$f_e = \frac{\sigma_e \left(\frac{5}{6} h_1 - e \right)}{M_1}$$

waarin h_1 de dikte van de bovenrandstaaf.
e de afstand van het ijzer van den onderkant en wel minstens $\frac{d}{2} + 10$ mM.

De betondrukspanning is de som van die uit het vakwerk en de laatstgenoemde door buiging veroorzaakte spanning. Deze laatste kan worden berekend uit

$$\sigma_b = \frac{6\ M_1}{h_1^2 b}$$

waarin h_1 weder de dikte en b de breedte van de bovenrandstaaf.

De spanning in de vertikalen is gelijk aan de vertikaalkracht; die in de diagonalen gelijk aan de vertikaalkracht × secans van den hellingshoek. Men neme de dikte der diagonalen niet minder dan 4 cM, de middelste diagonalen kunnen door éénzijdige belasting ook trekspanningen krijgen, om welke reden zij dezelfde wapening krijgen als de middelste vertikalen.

Bepaling van de doorbuiging van balken.

De kromtestraal van de elastische lijn van een gebogen gewapenden betonbalk wordt uitgedrukt door

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E_b\ J_i}$$

waarin M het doorbuigend moment,
E_b de elasticiteitsmodulus van beton, en
J_i het ideaal traagheidsmoment van de balkdoorsnede, welke voorgesteld wordt door:

$$J_i = \frac{1}{3}\ b\ x^3 + n\ y^2\ f_y, \text{ waarin}$$

x de afstand van de neutrale as tot den bovenkant van den balk
y „ „ „ „ ijzerwapening tot de neutrale as
(zie de formules in het begin van dit hoofdstuk.)

In het algemeen is voor een belasten ligger de grootte van de doorbuiging:

$$\delta = m\ \frac{Pl^3}{E_b\ J_i}$$

Berekening van gewelfde vloeren in gewapend beton.

De wapening wordt in den regel symmetrisch aan de lengteas van het gewelf aangebracht en is bij kleine overspanningen enkel, bij grootere dubbel, gelijk bij platen. Bij parabolischen boogvorm en gelijkmatige belasting en bij andere gevallen, waarbij geen buigingsmomenten in het gewelf optreden, is een ijzerwapening volgens en nabij de binnenwelflijn voldoende, maar wordt dikwijls een tweede wapening in den rug vanaf de geboorte noodig, welke bij zeer veranderlijke belasting dikwijls over het geheele gewelf doorloopt.

De berekening kan geschieden als voor steenen gewelven volgens de druklijntheorie, waarbij wordt uitgegaan van stijve, onbeweeglijke steunpunten, en temperatuursveranderingen worden verwaarloosd (zie ook bldz. 323). Daar evenwel het ijzer trekspanningen kan opnemen, behoeft men niet zoo zorgvuldig als bij steenen gewelven te waken, dat de druklijn binnen de kerndoorsnede blijft. Dit maakt de toepassing van verschillende gewelfvormen mogelijkt. Voor de ongunstigste belastingsaanname, waarbij de toevallige of mobiele belasting alleen over de eene booghelft is verdeeld en waarbij de druklijn in het belaste gedeelte het meest tot de binnenwelflijn nadert, zijn dan de maximum beton- en ijzerspanningen te bepalen.

Dit kan geheel geschieden volgens de wijze van berekening bij excentrischen druk (zie bldz. 370).

Is Fig. 4, G het halve eigengewicht van het gewelf, G_x het eigengewicht van het gewelf tot de doorsnede X,
q de toevallige belasting per vierk. eenheid,
l de spanwijdte van het gewelf,
f de pijlhoogte,
s de afstand van G tot de geboorte,
s_x „ „ „ G_x „ „ „
x en y de coördinaten van voeg X, dan is, bij gelijkmatige belasting over de geheele lengte, wanneer wordt aangenomen, dat de druklijn midden door den top en de geboorte van het gewelf gaat:

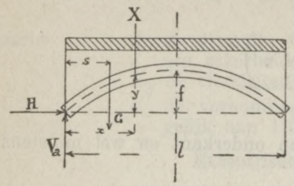


Fig. 4.

$$V_a \max = G + \tfrac{1}{2} ql \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$H \max. = {}^1\!/_f \, (Gs + {}^1\!/_4 \, ql^2) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

en het moment in den top

$$M = V_a \frac{l}{2} - Hf - G\left(\frac{l}{2} - s\right) - {}^1\!/_8 \, ql^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

waaruit de afmeting in den top kan worden bepaald.

Bij belasting van de halve booglengte wordt

$$V_a = G + {}^3\!/_8 \, ql \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

$$H = {}^1\!/_f \, (Gs + {}^1\!/_{16} \, ql^2) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

en

$$M_x = V_a x - Hy - G_x (x - s_x) - \tfrac{1}{2} qx^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Veelal is het voldoende het moment op de helft van de halve booglengte te bepalen, waarvoor men bij een cirkelboog vindt met $l = 12$ f:

$$x = {}^1\!/_4 \, l \text{ en } y = 0{,}73 \, f$$

en dus

$$M = {}^1\!/_4 \, V_a \, l - 0{,}73 \, H - G_x \left(\frac{l}{4} - s_x\right) - {}^1\!/_{32} \, ql^2 \quad . \; . \; . \quad (7)$$

Om het moment eenvoudig te kunnen bepalen, maakt men bij flauwe bogen gebruik van de belasting per vierkante eenheid van het grondvlak. Is deze voor het eigengewicht g KG M², dan vindt men bij benadering voor

$$M_x = \tfrac{1}{2} \, (g + q) \, lx - \tfrac{1}{2} \, qx^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

Hydromechanica.

Litteratuur.

A. Flamant.	Hydraulique. Encyclopédie des Travaux Publics. Ch. Béranger. Paris 1900.
,,	Mécanique app iquée. Hydraulique
Prof. Dr. H. Lorenz.	Lehrbuch der technischen Physik III Bd. Technische Hydrodynamik.
F. H. van Kooten.	Formules voor den afvoer van overlaten en sluizen. Tijdschr. K. I. v. I. Afd. N. I. 1904—05. bldz. 40.
Georg Schewior.	Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben. Verlag Paul Parey. Hedemannstrasze Berlin, 1907.
Bazin.	Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoirs exécutées à Dijon de 1886 à 1895.
,,	Recherches hydrauliques, entreprises par H. Darcy continuées par H. Bazin.
Bresse.	Cours de mécanique appliquée 2me partie Hydraulique.
H. Darcy.	Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite.
Dr. Flieder.	Aufgaben aus der Physik.
Frank.	Die Formeln über die Bewegung des Wassers in Röhren.
,,	Die Berechnung der Kanäle und Rohrleitungen.
Forchheimer.	Hydraulik.
Frese.	Versuche über den Abflusz des Wassers bei vollkommenen Ueberfällen.
Hagen.	Ueber die Bewegung des Wassers in zylindrischen, nahezu horizontalen Leitungen.
Kutter.	Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen.
,,	Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers in Kanälen und regelmäszigen Fluszstrecken.
Lesbros.	Expériences hydrauliques sur les lois de l'écoulement de l'eau
R. Manning.	On the flow of water in open channels and pipes.
V. Lokhtine.	Le méchanisme du lit fluvial.
Rühlman.	Hydromechanik.
J. M. Steevensz.	Nieuwe formules en grafieken voor het berekenen van open kanalen met regelmatige aarden wanden. De Waterstaatsingenieur 1918 bldz. 179.
M. Michal	Annales des Ponts et Chaussées 1866 (over artesische putten).

Hydrostatica.

Is een vloeistof in evenwicht, dan geldt voor een klein vloeistofdeeltje in den vorm van een kubus met zijden dx, dy en dz de algemeene vergelijking :

$$dp = \rho\,(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin p de druk op dit vloeistofdeeltje,
ρ de dichtheid van de vloeistof,
X, Y en Z de sommen der composanten der uitwendige krachten herleid op de eenheid van massa volgens de coördinaatassen.

Bij *zware vloeistoffen*, welke alleen aan de zwaartekracht onderhevig zijn, heeft men X = o, Y = o en Z = — g en wordt de formule (1)

$$dp + \rho\,g\,dz = o$$

of tusschen twee grenzen geïntegreerd, waarvoor de drukkingen zijn:

p_0 en p en de ordinaten z_0 en z:

$$p_0 - p = -\rho\,g\,(z - z_0) = -\Pi\,(z - z_0)$$

waarin π = het soortelijk gewicht van de vloeistof.

of ook $$z + \frac{p}{\pi} = z_0 + \frac{p_0}{\pi} = \text{constant} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

d.w.z. de einden van de in elk punt der vloeistof opgerichte vertikalen ter grootte van de waarde $\frac{p}{\pi}$ liggen in eenzelfde horizontaal vlak, het z.g. *drukkingsvlak*.

Bij *elastische vloeistoffen* (gassen) met constante temperatuur, waarbij tusschen dichtheid en druk de betrekking bestaat

$$p = k\,\rho$$

wordt de vergelijking (1) tusschen dezelfde grenzen geïntregreerd

$$\lg \frac{p_0}{p} = -\frac{g}{k}(z - z_0) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

(barometrische formule).

Centrum van pressie, perspunt of drukmiddelpunt.

Het drukmiddelpunt van de vloeistof op een ingedompeld plat oppervlak ligt altijd lager dan het zwaartepunt van dit oppervlak en wel onder het vloeistofniveau op een diepte groot

$$x_0 + \frac{J}{\Omega\, x_0}, \text{ waarin}$$

x_0 de afstand van het zwaartepunt van het oppervlak tot het vloeistofniveau,
Ω de grootte van het ingedompelde oppervlak,
J het traagheidsmoment van het oppervlak ten opzichte van de aan het vloeistofniveau evenwijdige lijn door het zwaartepunt.

Wordt een lichaam in een vloeistof gedompeld, dan is de resultante van de daarop werkende drukkingen vertikaal gericht en gelijk aan het gewicht van de verplaatste vloeistof. Zij gaat tevens door haar zwaartepunt. (beginsel van Archimedes) en haar aangrijpingspunt is dit zwaartepunt.

Ligt voor een in evenwicht zijn ingedompeld lichaam dit zwaartepunt boven het zwaartepunt van het ingedompelde lichaam, zoo is het lichaam in stabiel evenwicht; ligt het daar beneden, zoo is het in labiel evenwicht.

Bij een drijvend lichaam kan het aangrijpingspunt van den waterdruk bij schommeling van het lichaam buiten de vertikaal van het zwaartepunt van dit lichaam komen, m. a. w. het is in different evenwicht. Daarbij kan het evenwicht slechts stabiel zijn, wanneer het snijpunt van de vertikaal door het drukmiddelpunt met de oorspronkelijke vertikaal door het zwaartepunt boven dit zwaartepunt blijft. De limiet van den stand van dit snijpunt bij oneindig kleine verplaatsing van het drijvend voorwerp heet het *metacentrum*.

Is J het traagheidsmoment van de op den waterspiegel liggende doorsnede van het drijvend lichaam in toestand van evenwicht ten opzichte van een as door het zwaartepunt dezer doorsnede en zijnde de snijlijn der beide doorsneden op de waterlijn bij evenwicht en kleine verplaatsing (bij een symmetrisch gevormd lichaam alzoo evenwijdig aan de lengteas van het lichaam) dan is, wanneer V de inhoud der ondergedompelde doorsnede voorstelt, de afstand van het metacentrum tot het drukmiddelpunt of (fig. 1).

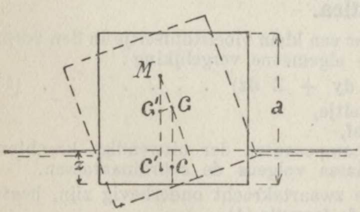


Fig. 1.

$$MC^1 = \frac{J}{V}$$

Bijv. een drijvend vierkant prisma (fig. 1) is in den aangegeven stand in evenwicht, wanneer

$$MC^1 = \frac{J}{V} \text{ grooter is dan } CG^1 = \tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}z$$

of daar $$J = \tfrac{1}{2}a^3 \text{ en } V = a \cdot z$$

moet $$\frac{a^2}{12\,z} > \frac{a - z}{2}$$

of $\frac{z}{a} < \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ of $> \frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$

of het soortelijk gewicht $\left(= \frac{z}{a}\right)$ van het prisma $< 0{,}212$ of $> 0{,}788$.

Hydrodynamica.

Algemeene vergelijking geldende voor elk soort van beweging van een *volmaakte* vloeistof, waarbij men geen rekening heeft te houden met wrijvingen of geldende voor een natuurlijke vloeistof, indien de wrijvingen in de kracht-componenten X, Y en Z zijn opgenomen:

$$\frac{1}{\rho}\left(dp - \frac{dp}{dt}\,dt\right) = X\,dx + Y\,dy + Z\,dz - U\,dU \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

waarin t de tijd en U de snelheid in het beschouwde punt.

Permanente beweging.

De beweging van een vloeistof heet permanent, wanneer de moleculen, die elkaar in een willekeurig punt opvolgen, zich bewegen met dezelfde snelheid in grootte en richting en onderworpen zijn aan dezelfde drukking, terwijl de dichtheid dezelfde blijft.

Hierbij zijn dus U, p en ρ onafhankelijk van den tijd en hangen slechts af van de coördinaten der verschillende punten.

De algemeene formule (1) wordt in dit geval:

$$\frac{dp}{\rho} - (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) + U\,dU = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

of voor een *elastische* vloeistof: (bij $\rho = \frac{p}{k}$)

$$k\frac{dp}{p} + g\,dz + U\,dU + 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

of geïntegreerd:

$$k\,lg\,p + gz = \frac{U^2}{2} = \text{constant} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Voor een *zware* vloeistof wordt de formule:

$$\frac{dp}{\rho} + g\,dz + U\,dU = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

of geïntegreerd:

$$\frac{p}{\rho} + g\,z + \frac{U^2}{2} = \text{constant} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

of ook

$$z + \frac{p}{\pi} + \frac{U^2}{2\,g} = \text{constant} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$ (*theorema van Bernouilli*).

Permanente beweging van een taaie vloeistof met constante of zeer langzaam veranderende doorsnede en rechtlijnige of zeer weinig gebogen as, zoodat de vloeistofvezels als evenwijdigloopend kunnen worden beschouwd.

Voor een taaie vloeistof zooals in werkelijkheid voorkomt en waarbij zoowel inwendig als aan de wanden wrijvingen optreden, geldt de uit (2) af te leiden algemeene vergelijking:

$$\sin I - \frac{1}{\rho g}\frac{dp}{ds} = \frac{\chi}{\omega}\,\varphi\,(U) + \alpha\,\frac{d}{ds}\,\frac{U^2}{2g} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

waarin:

- I de hoek, dien de richting der bewegende vloeistofvezels met den horizon maakt,
- ρ de dichtheid van de vloeistof,
- p de druk in een punt van de doorsnede,

s de afstand van het punt in de richting der vloeistofvezels tot een zeker beginpunt,

χ de natte omtrek der doorsnede,

ω het oppervlak der doorsnede.

$\frac{\omega}{\chi} = R$ de gemiddelde straal der doorsnede,

U de gemiddelde snelheid van de vloeistofvezels (beter de snelheid der vezels langs den wand),

α een constante, weinig grooter dan 1 (gemiddeld 1,14) en gelijk aan $\int_{\omega} \frac{U^2 d\omega}{U^2 \omega}$, waarin U de snelheid der enkele vloeistofdraden,

g de versnelling van de zwaartekracht,

$\rho g = \Pi$ het soortelijk gewicht van de vloeistof.

Men heeft hierbij vrij onzekere gegevens omtrent $\varphi(U)$ en α. Volgens *de St. Vénant* kan men voor $\varphi(U)$ dezelfde uitdrukking bezigen als bU^2 in de eenparige beweging, wanneer men α tevens een weinig grooter neemt (tusschen 1,085 en 1,138).

Eenparige beweging.

Eenparige beweging heeft een vloeistof, wanneer de doorsnede van den vloeistofstroom dezelfde blijft of onafhankelijk is van den doorloopen weg en de snelheden der moleculen over de geheele lengte van eenzelfde vloeistofvezel constant blijven. De algemeene formule van de permanente beweging geldt ook voor deze beweging, doordat ten gevolge van de constante gemiddelde snelheid de laatste term, wegvalt krijgt men dus:

$$\sin I - \frac{1}{\rho g} \frac{dp}{ds} = \frac{\chi}{\omega} \varphi(U) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Strooming door buizen.

Hierbij kan men de algemeene formule (1) van de permanente beweging toepassen, waarin dan I de helling van de buis voorstelt en de gemiddelde straal voorgesteld wordt door $R = \frac{\omega}{\chi} - \frac{D}{4}$ waarin D de middellijn van de buis, zoodat de formule ook kan worden geschreven:

$$\sin I \, ds - \frac{1}{\rho g} dp - \frac{4}{D} \varphi(U) \, ds - \alpha \, d \frac{U^2}{2g} = o$$

of geïntegreerd, waarbij $\sin I \, ds = - dh$, D en U constant gesteld

$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{4}{D} \varphi(U) \, s = \text{constant}$$

d.w.z. voor elk punt van de buis is de som van hoogte, druk en weerstandsverlies constant en wordt alzoo door een horizontale lijn voorgesteld (fig. 2).

De som van hoogte en druk geeft het *piëzometrisch* niveau aan, daar de waterspiegel in eenig punt van de buis tot dit niveau zal rijzen, wanneer zij hier open is. Daar $\frac{4}{D} \varphi(U) \, s$ het weerstandsverlies in de buis voorstelt, is dit verlies alzoo gelijk aan de daling van het piëzometrisch niveau en per eenheid van lengte gelijk aan

$$J = \frac{4}{D} \varphi(U) \quad \text{of ook} \quad \tfrac{1}{4} DJ = \varphi(U) \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Zijn hoogte en druk bij het begin van de buis h_0 en p_0 en op een afstand s daarvan h en p, dan zal dus

$$h_0 + \frac{p}{\pi} = h + \frac{p}{\pi} + Js$$

zijn, waaruit volgt, dat $p = p_0$ zal zijn, wanneer

$$h = h_0 - Js$$

en $p = o$, wanneer

$$h = h_0 + \frac{p_0}{\pi} - Js$$

zoodat, wil men in eenig punt van de buis geen lageren druk hebben dan den begindruk, de buis in dit punt niet hooger mag liggen dan de weerstandshoogte onder

het beginvlak, terwijl de druk nul wordt of vrije strooming ontstaat, wanneer de buis nog $\frac{p_0}{\pi}$ hooger of boven het piëzometrisch niveau ligt.

Neemt men de snelheid van doorstrooming in aanmerking door daarvoor een drukhoogte $\frac{U^2}{2g}$ in rekening te brengen, dan krijgt men als som van piëzometrisch niveau en $\frac{U^2}{2g}$ de totale drukhoogte of het zg. *drukkingsvlak*. Ligt de buis in eenig punt boven dit drukkingsvlak dan houdt de strooming op. Brengt men een punt der buis tusschen het drukkingsvlak en het piëzometrisch niveau, dan zal de snelheid en dus de afvoer kleiner zijn, dan wordt bereikt, wanneer de buis geheel onder het piëzometrisch niveau is gelegen. In het laatste geval wordt de druk in eenig punt van de buis, zooals gezien, kleiner dan de begindruk, wanneer dit punt hooger ligt dan de weerstandshoogte beneden het beginvlak, zoodat ingeval de begindruk de atmosferische druk is, in dit punt lucht zal worden ingezogen, indien eenige opening aanwezig is.

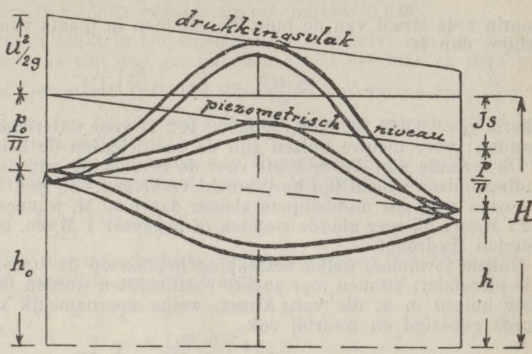


Fig. 2.

De waarde van $\varphi(U)$ uit de formule (1) is proefondervindelijk te bepalen of kan naar de door verschillende onderzoekers gevonden waarden worden aangenomen.

De oudste formule van *Prony* stelde $\varphi(U) = aU + bU^2$ waarin

$$a = 0{,}000\,017 \text{ en } b = 0{,}000\,348$$

Dupuit stelde de formule

$$U = 51 \sqrt{\frac{DJ}{4}}$$

alzoo $\quad {}^1/_4\, DJ = \varphi(U) = b\,U^2$, waarin b constante en dus gelijk aan

$$\frac{1}{51^2} = 0{,}000\,384.$$

Hoewel eenvoudig van vorm en vroeger veel toegepast, geeft de formule geen nauwkeurige waarden, hoewel door den coëfficiënt 51 te vergrooten tot 60 à 63 de nauwkeurigheid kan worden verhoogd.

Weisbach geeft voor de verloren drukhoogte tengevolge van de wrijving

$$h\,\zeta\,\frac{l}{D}\,\frac{U^2}{2g}$$

zoodat het verlies per eenheid van lengte wordt:

$$\frac{h}{l} = J = \zeta \times \frac{1}{D}\,\frac{U^2}{2g} \quad \text{of} \quad {}^1/_4\, DJ = {}^1/_4\, \frac{\zeta}{2g}\, U^2 = b\,U^2$$

waarin
$$\zeta = 0{,}014\,39 + \frac{0{,}009\,471\,1}{\sqrt{U}}$$

zoodat b volgens deze formule wordt

$$b = 0{,}000\,183\,4 + \frac{0{,}000\,120\,7}{\sqrt{U}}$$

Voorgaande formules, met haar constante coëfficiënten alleen afhankelijk van de gemiddelde snelheid in de buis, houden evenwel geen rekening met de geaardheid der wanden, welke tot verschillende weerstanden aanleiding geeft.

De formule van *Darcy* houdt hiermede beter rekening; zij luidt:

$$\varphi\ (U) = \left(\alpha + \frac{\beta}{r}\right) U^2$$

waarin r de straal van de buis. Neemt men in plaats van den straal, de buismiddellijn, dan is

$$\varphi\ (U) = \left(\alpha_1 + \frac{\beta_1}{D}\right) U^2$$

waarin $\alpha_1 = 0{,}000\ 507$ en $\beta_1 = 0{,}000\ 102\ 94$ voor waterleidingbuizen met aangezette wanden; voor nieuwe buizen zijn de coëfficiënten de helft.

De formule van *Darcy* heeft voor de berekening van de drukverliezen in waterleidingsbuizen langen tijd burgerrecht verkregen. Zij geeft evenwel alleen bruikbare waarden voor alle middellijnen kleiner dan 0,50 M, wanneer gelijktijdig U ongeveer 0,25 M/sec. bij zeer gladde wanden of ongeveer 1 M/sec. bij nieuwe gegoten ijzeren wanden bedraagt.

Enkele formules, welke betrekking hebben op de strooming door open kanalen (zie hieronder) kunnen met andere coëfficiënten worden toegepast op de strooming door buizen o. a. die van *Kutter*, welke voornamelijk in Duitschland algemeen wordt gebezigd en waarbij ook

$$\varphi\ (U) = b\ U^2 = \frac{1}{C^2}\ U^2$$

maar waarin $$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

of $$b = \left(\frac{m + \sqrt{R}}{100\sqrt{R}}\right)^2 = 0{,}0001 + \frac{0{,}0002\ m}{\sqrt{R}} + \frac{0{,}0001\ m^2}{R}$$

of bij $R = \frac{D}{4}$

$$b = 0{,}0001 + \frac{0{,}0004\ m}{\sqrt{D}} + \frac{0{,}0004\ m^2}{D}$$

Voor drink- en gebruikswaterleidingen wordt voor den coëfficiënt m in den regel 0,25 genomen, zoodat

$$C = \frac{100\sqrt{D}}{0{,}5 + \sqrt{D}} \quad \text{of} \quad b = 0{,}0001 + \frac{0{,}0001}{\sqrt{D}} + \frac{0{,}000\ 025}{D}$$

welke formule b.v. in Ned.-Indië bij de B. O. W. toepassing vindt.

De aanname m = 0,25 geeft voor grooter middellijn dan 200 mM goede overeenstemming met genomen proeven met reeds gebruikte inwendig niet meer geheel gladde buizen; voor kleinere middellijn geeft de aanname een weinig te groote wrijvingsverliezen, dus te kleine afvoeren, hetgeen evenwel een voordeel van de formule is, daar de hoewel na jaren intredende aangroeiing der wanden bij kleinere buizen een veel grooteren invloed op het vermogen heeft dan bij grootere buizen.

Van de formule met m = 0,25 komt een grafiek voor in de Waterstaatsingenieur 1917, bldz. 330.

Voor bronwaterleidingen en overal, waar zandafzettingen het buisprofiel kunnen verminderen, doet men beter een coëfficiënt m = 0,30 of 0,35 toe te passen.

Ganguillet en Kutter hebben den coëfficiënt verbeterd door behalve den gemiddelden straal ook het drukverlies J in te voeren en stellen voor in dienst zijnde gegoten ijzeren buizen:

$$C = \frac{23 + \frac{0{,}001\ 55}{J} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}001\ 55}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

$$\text{waarin } \frac{1}{n} \text{ gemiddeld} = \frac{1}{88}$$

en voor zeer gladde wanden (b.v. houten en stalen pijpen) 0,010
,, gladde wanden (b.v. betonbuizen) 0,013
,, minder gladde wanden (b.v. oude stalen buizen) 0,017
,, ruwe wanden (b.v. oude gegoten ijzeren buizen) 0,020.

Daar zooals uit de formule blijkt in het algemeen $\varphi(U)$ behalve een functie van de snelheid ook een functie is van den gemiddelden straal der buis en deze kan worden uitgedrukt in den diameter D der buis, zoo zal het drukverlies $J = \varphi \frac{4}{D} \varphi(U)$ algemeen in de snelheid en den buisdiameter kunnen worden uitgedrukt of ook in den afvoer en den buisdiameter.

In het geval dat $\varphi(U)$ zooals in de formule van *Dupuit* eenvoudig gelijk aan bU^2 wordt gesteld, waarin b alzoo een constante, wordt het drukverlies

$$J = 4\,b\,\frac{U^2}{D} = \frac{64\,b}{\pi^2}\,\frac{Q^2}{D^5}$$

Daar $\varphi(U)$ evenwel moet worden uitgedrukt in den vorm b accent $U^m\ D^n$, welke logarithmische berekening mogelijk maakt, wordt

$$J = k\,Q^m\,D^{n-2m-1}$$

of in het algemeen $$J = k\,Q^m\,D^r$$

Nieuwere formules van dezen vorm en door *Biegeleisen* en *Bukowski* *) empirisch afgeleid zijn:

voor *buizen van smeedijzer* $J = 0{,}001\,196\,\frac{Q^{1,8}}{D^{4,8}}$

,, *nieuwe buizen van gegoten ijzer* $J = 0{,}000\,19\,\frac{Q^{1,9}}{D^{4,9}}$

,, gebruikte buizen van gegoten ijzer $J = 0{,}004\,061\,\frac{Q^{1,9}}{D^{4,9}}$

Berekening der drukverliezen in een buizennet.

De algemeene formule (1) van bldz. 375 geeft voor een buislengte van o tot l:

$$\int_o^l \sin I\,dl - \int_o^l \frac{1}{\rho g}\,dp = 4\int_o^l \frac{\varphi(U)}{D}\,dl + \alpha\int_o^l d\,\frac{U^2}{2g}$$

of wanneer bij het begin en het einde der buislengte de hoogteverschillen z_0 en z_1, de drukkingen p_0 en p_1 en de snelheden U_0 en U_1 zijn:

$$z_0 - z_1 + \frac{1}{\rho g}(p_1 - p_0) = 4\int_o^l \frac{\varphi(U)}{D}\,dl + \alpha\,\frac{U_1^2 - U_0^2}{2g}$$

waarin α weder ongeveer 1, zoodat bij verwaarloozing van het verschil $\frac{U_1^2}{2g}$ en $\frac{U_0^2}{2\,g}$ hetgeen bij niet al te groote diameterverschillen mogelijk is, de formule wordt:

$$z_0 - z_1 + \frac{1}{\rho\,g}(p_1 - p_0) = 4\int_o^l \frac{\varphi(U)}{D}\,dl.$$

Voor $\varphi(U)$ is weder de vorm $b_1\,U^m\,D^n$ te stellen en daar $z_0 - z_1 + \frac{1}{\rho g}(p_1 - p_0)$ weder de daling van het piëzometrisch niveau of het drukverlies in de buis voorstelt, wordt dit alzoo

$$J_o^l = 4b_1\int_o^l \frac{U^m}{D^{1-n}}\,dl$$

*) (Gesundheitsingenieur 1914).

of bij substitutie van $U = \frac{4\,Q}{\pi\, D^2}$

$$J^l_o = \frac{16\, b_1}{\pi} \int_o^l \frac{Q^m}{D^{\,2m - n + 1}}\, dl = k \int_o^l \frac{Q^m}{D^r}\, dl.$$

Heeft de buis een veranderlijke doorsnede en een constanten afvoer, dan wordt

$$J^l_o = k\, Q^m \int_o^l \frac{dl}{D^r}$$

Bestaat deze veranderlijke doorsnede in net aanwezig zijn van verschillende middellijnen d_1, d_2, d_3 enz. over verschillende lengten l_1, l_2, l_3 enz. achter elkaar (zg. *serieschakeling*), dan wordt in het algemeen het drukverlies bepaald door:

$$H = k\, Q^m \left\{ \frac{l_1}{d_1^r} + \frac{l_2}{d_2^r} + \ldots \right\}$$

en is dus gelijk aan het drukverlies LJ in een pijpleiding van constante middellijn D met een lengte L te bepalen uit

$$\frac{L}{D^r} = \frac{l_1}{d_1^r} + \frac{l_2}{d_2^r} + \frac{l_3}{d_3^r} + \ldots \quad \text{enz.}$$

Stelt men nu in het algemeen

$$P^m = \frac{Q^m}{HL} = \frac{D^r}{kL} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(a)}$$

en noemt men P het „afvoervermogen" van de buis, zoodat twee buizen hetzelfde afvoervermogen hebben, wanneer zij bij eenzelfde drukverlies evenveel afvoeren, dan wordt dus in het beschouwde geval het afvoervermogen van een equivalente buis met constante middellijn D, dus bij *serieschakeling*:

$$\frac{1}{P^m} = \frac{1}{P_1^m} + \frac{1}{P_2^m} + \frac{1}{P_3^m} + \ldots\ldots \text{(b)}$$

In het geval de doorsnede constant φ en de afvoer veranderlijk is, wordt

$$J^l_o = k\, D^r \int_o^l Q^m\, dl$$

Is in dit geval tengevolge van zijdelingsche aftapping de afvoer geleidelijk afnemend en is Q_o de afvoer bij het begin en Q_l die aan het einde, dan kan men voor de geheele buis een constanten afvoer Q_c aannemen, waarvan de grootte is bij

Q_l / Q_c	Q_c	Q_l / Q_o	Q_c
= 0	= 0,575 Q_o	= 0,6	= 0,808 Q_o
„ = 0,1	„ = 0,608 „	„ = 0,7	„ = 0,854 „
„ = 0,2	„ = 0,643 „	„ = 0,8	„ = 0,901 „
„ = 0,3	„ = 0,681 „	„ = 0,9	„ = 0,950 „
„ = 0,4	„ = 0,721 „	„ = 1,0	„ = 1,000 „
„ = 0,5	„ = 0,764 „		

Zoodat het drukverlies wordt

$$J^l_o = k\, Q_c^m\, \frac{l}{D^r}$$

In het algemeen wordt in een buizennet het drukverlies of de waterafvoer bepaald door meerdere toevoerleidingen van verschillenden diameter d_1, d_2, d_3, enz., over lengten l_1, l_2, l_3 enz. (zg. *parallelschakeling*), zoodat wanneer de afvoeren in die toevoerleidingen q_1, q_2, q_3 enz. gesteld worden, deze kunnen worden uitgedrukt in:

$$q_1^m = \frac{h_1}{kl_1}\, d_1^r \qquad q_2^m = \frac{h_2}{kl_2}\, d_2^r \text{ enz.}$$

of daar $Q = q_1 + q_2 + q_3 + \ldots$ enz. en $h_1 = h_2 = h_3$ enz. $= H$ is,

$$\text{wordt } Q = H^{1/m} \left\{ \left(\frac{d_1^r}{kl_1} \right)^{1/m} + \left(\frac{d_2^r}{kl_2} \right)^{1/m} + \left(\frac{d_3^r}{kl_3} \right)^{1/m} + \ldots \right\}$$

$$\text{of} \quad \frac{Q^m}{H} = \left\{ \left(\frac{d_1^r}{kl_1} \right)^{1/m} + \left(\frac{d_2^r}{kl_2} \right)^{1/m} + \left(\frac{d_3^r}{kl_3} \right)^{1/m} + \ldots \right\}$$

$$\text{of ook} \quad P = p_1 + p_2 + p_3 + \ldots \ldots \text{enz.} \ldots \quad (c)$$

zoodat bij zg. *parallelschakeling* het afvoervermogen van een equivalente buis met diameter D en lengte L gelijk is aan de som van het afvoervermogen, der enkele leidingen.

In de practijk heeft men dikwijls een buizennet, dat bestaat uit combinaties van parallel- en serieschakeling. Zijn nu lengte en middellijn van elke pijpleiding gegeven, dan is het afvoervermogen p daarvan constant en bekend volgens (a). Met behulp van de formules (b) en (c) kan men dan de waarde P voor het geheele aanvoernet berekenen. De equivalente waarde van J is daarmede bij een gegeven afvoer tevens bekend, evenzoo de middellijn D voor den bepaalden afstand L.

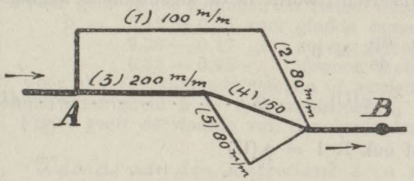


fig. 3.

Voorbeeld. Voor het net (fig. 3) het drukverlies tusschen de punten A en B te berekenen bij een afvoer Q = 20 L/sec. bij B.

De verschillende buismiddellijnen en lengten met de daaruit berekende waarden van p worden nu in onderstaande tafel vereenigd, waarbij voor berekening de formule van *Biegeleisen* en *Bukowski* voor oude gegoten ijzeren buizen wordt aangehouden

$$\text{nl.} \quad J = k\,\frac{Q^m}{D^r} = 0{,}004\,061\,\frac{Q^{1,9}}{D^{4,9}}$$

$$\text{zoodat} \quad p^m = \frac{d^r}{kl} = \frac{d^{4,9}}{0{,}004\,0611\,l}$$

$$\text{en} \quad \frac{1}{p^m} = \frac{0{,}004\,061\,l}{d^{4,9}}$$

Nummer	Diameter dM	Lengte M	Leidingen in serie $1/p^m$	Leidingen in parallel p
(1)	1,00	500	2,0305	—
(2)	0,80	300	3,636	—
(3)	2,00	400	0,0544	—
(4)	1,50	200	—	3,1745
(5)	0,80	300	—	1,7032
(6)	2,00	100	0,0136	—

Met gebruik van de formules (b) en (c) worden nu de volgende waarden verkregen:

Nummer	Gedeelte van het berekende net	Serie- of parallel-schakeling	Vergelijking (b) of (c)	Leidingen in serie som $= \frac{1}{p^m}$	Leidingen in parallel som = P
(10)	(1) en (2)	serie	2,0305 + 3,636	5,6665	0,4013
(11)	(4) en (5)	parallel	3,1745 + 1,7032	0,04925	4,8777
(12)	(3) en (11)	serie	0,0544 + 0,04925	0,103655	3,297
(13)	(10) en (12)	parallel	0,4013 + 3,297	0,08333	3,6983
(14)	(13) en (6)	serie	0,08333 + 0,013601	0,096 931	3,416

Men vindt dus in het punt B de grootte van het afvoerend vermogen P = 3,416 en daar $P^m = \frac{Q^m}{H}$, wordt bij Q=20 L=20 dM³ /sec H voor $= \frac{Q^m}{P^m} = \left(\frac{20}{3,416}\right)^{1,9}$

$$= 28,73 \text{ dM} = 2,87 \text{ M}.$$

Strooming door open kanalen.

Voor de strooming door regelmatig gevormde open kanalen kunnen de formules voor de eenparige beweging van vloeistoffen worden toepepast.

Bij veranderlijk profiel en veranderlijke diepte doet men evenwel nauwkeuriger de formule voor de permanente beweging toe te passen, waarbij rekening gehouden wordt met de afwijkingen van de vloeistofvezels (zie bij ongelijkvormige beweging).

Daar overal de atmosferische druk heerscht, wordt in de algemeene bewegingsvergelijking (2) bldz. 376

$$\frac{dp}{ds} = 0,$$

zoodat

$$\sin I = \frac{\chi}{\omega} \varphi(U) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

of

$$I = \frac{1}{R} \varphi(U) \text{ of ook } R\,I = \varphi(U)$$

waarin $R = \frac{\omega}{\chi}$ de gemiddelde straal of de verhouding tusschen de natte doorsnede ω en den natten omtrek χ van het kanaalprofiel.

I het verhang van de vloeistof, tevens van den kanaalbodem en de daling van het piëzometrisch niveauvlak voorstelt.

U de gemiddelde snelheid van de vloeistofdeeltjes, terwijl φ (U) kan worden voorgesteld door b U^2, zoodat de algemeene formule wordt

$$U = \frac{1}{\sqrt{b}} \sqrt{R\,I} = C\sqrt{R\,I} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Darcy en Bazin stellen den coëfficiënt b gelijk aan

$$\alpha + \frac{\beta}{R} \text{ of } C = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

waarbij $b = 0,000\,15 \left(1 + \frac{0,03}{R}\right)$ voor zeer gladde wanden,

(pleistercement, glad hout)

$= 0,000\,19 \left(1 + \frac{0,07}{R}\right)$ voor gladde wanden,

(gemetselde baksteen, ruw hout)

$= 0,000\,24 \left(1 + \frac{0,25}{R}\right)$ voor weinig gladde wanden,

(gemetselde breuksteen)

$= 0,000\,28 \left(1 + \frac{1,15}{R}\right)$ voor aarden wanden,

$= 0,000\,40 \left(1 + \frac{1,75}{R}\right)$ voor grintwanden.

Voor de graphische berekening van den afvoer volgens de formule van *Darcy* en *Bazin*, zie „De Ingenieur" 1910, bldz. 670.

Bazin (Annales des Ponts et Chaussées 1897) stelt

$$\sqrt{b} = 0,0115 \left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}\right) \text{ of } C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R}}$$

waarbij γ = 0,06 voor zeer gladde wanden,
= 0,16 „ gladde wanden,
= 0,46 „ gemetselde wanden,
= 0,85 „ regelmatige aarden wanden of steenbekleeding,
= 1,30 „ gewone aarden kanalen,
= 1,75 „ bijzonder weerstandbiedende wanden.

De tafel op bldz. 384 geeft de waarden van C en is ontleend aan het werk van *Flamant.*

Kutter geeft C de volgende waarde

$$C = \frac{a\sqrt{R}}{b+\sqrt{R}}$$

waarin a een bepaalde waarde en b met den aard der wanden veranderlijk is.

Voor gemetselde leidingen en riolen wordt a = 100 en
b = 0,12 — 0,15 voor gladde cement- en tegelwanden,
0,20 — 0,27 „ zuiver gemetselden baksteen of natuursteen,
0,35 — 0,45 „ gewoon metselwerk of breuksteen.

Voor alle voorkomende steenen of aarden buisleidingen kan men zonder groote onnauwkeurigheid b = 0,35 aannemen.

Fig. 4 geeft de waarde van C volgens deze formule graphisch weer.

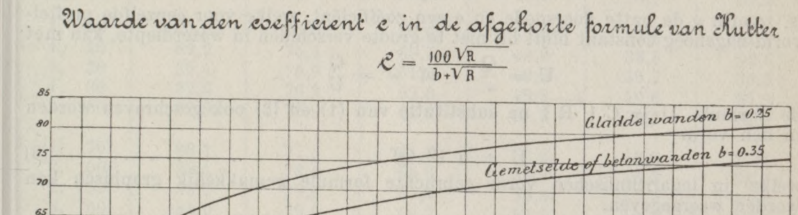


Fig. 4.

Ganguillet en Kutter stellen voor den coëfficiënt C de volgende waarde: (Zie ook bldz. 378).

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{I} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

waarin n afhankelijk van de ruwheid der wanden en varieerende van 0,01 tot 0,04.

Bij n = 0,015 komt deze formule overeen met die van *Bazin,* waarbij γ = 0,30 is aangenomen.

Voor aarden kanalen geven G. en K. n = 0,025 bij tamelijk regelmatige aarden wanden; voor irrigatieleidingen in Indië bezigt men vaak de waarde n = 0,0225.

De ,,Hütte" geeft een graphische voorstelling van de formule van *Ganguillet* en *Kutter* en bldz. 385 de waarde van den coëfficiënt C.

Voor graphische of logarithmische berekening kan men C ook uitdrukken in den door den Ingenieur *Steevensz* gegeven vorm

$$C = cR^{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin dan met de waarde n van *Ganguillet* en *Kutter* voor c = ¹/n en d = 10 n — 0,01 te stellen is en wel:

voor aarden bodem en bemetselde taluds n = 0,02 c = 50 d = 0,19.
,, idem, maar met steen bezette taluds
of zeer regelmatige aarden wanden n = 0,0213 c = 47 d = 0,20
,, regelmatige aarden wanden n = 0,0225 c = 44,5 d = 0,215
,, tamelijk regelmatige aarden wanden n = 0,025 c = 40 d = 0,24.

Daar verder in het algemeen de gemiddelde straal

$$R = e\sqrt{\omega} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

is, waarin ω de natte doorsnede en e een coëfficiënt, welke voor eenzelfde profielvorm nagenoeg constant blijft bij niet te groote verschillen in waterdiepte, kan met

$$U = \frac{Q}{\omega} \quad \text{of} \quad \omega = \frac{Q}{U}$$

de formule $U = C\sqrt{RI}$ na substitutie van (1) en (2) ook geschreven worden in den vorm

$$U = a\, I^{p}\, Q^{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

welke in logarithmischen vorm gebrachte formule gemakkelijk graphisch kan worden weergegeven.

Waarde van den coëfficiënt C uit de formule $U = C\sqrt{RI}$ volgens *Bazin.*

Gemiddelde straal R.	Zeer effen wanden; cement, geschaafd hout, enz.	Effen wanden, planken, baksteen, hardsteen.	Wanden in metselwerk van breuksteen.	Wanden van verschillende hoedanigheid (gestapelde steen).	Kanalen met gewone aarden wanden.	Kanalen met zeer onregelmatige wanden.
0, m05	68,5	50,2	28,4	18,1	12,8	9,9
0, 06	69,8	52,6	30,2	19,4	13,8	10,7
0, 07	70,9	54,2	31,7	20,6	14,7	11,4
0, 08	71,8	55,6	33,1	21,7	15,5	12,1
0, 10	73,1	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3
0, 12	74,1	59,5	37,4	25,2	18,3	14,4
0, 14	75,0	60,9	39,0	26,7	19,4	15,3
0, 16	75,6	62,1	40,5	27,8	20,4	16,2
0, 18	76,2	63,2	41,8	29,0	21,4	17.0
0, 20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7
0, 22	77,1	64,9	44,0	30,9	23,1	18,4
0, 24	77,5	65,5	44,8	31,8	23,8	19,0
0, 26	77,8	66,2	45,7	32,6	24,5	19,6
0, 28	78,1	66,8	46,5	33,4	25,2	20,2
0, 30	78,4	67,3	47,3	34,1	25,8	20,7

Gemiddelde straal R	Zeer effen wanden; cement, geschaafd hout, enz.	Effen wanden, planken, baksteen, hardsteen	Wanden in metselwerk van breuksteen	Wanden van verschillende hoedanigheid (gestapelde steen)	Kanalen met gewone aarden wanden	Kanalen met zeer onregelmatige wanden
0, 35	79,0	68,4	48,8	35,7	27,2	22,0
0, 40	79,4	69,4	50,4	37,1	28,5	23,1
0, 45	79,8	70,2	51,6	38,4	29,6	24,1
0, 50	80,2	70,9	52,7	39,5	30,6	25,0
0, 55	80,4	71,5	53,7	40,5	31,6	25,9
0, 60	80,7	72,1	54,6	41,4	32,5	26,7
0, 65	80,9	72,6	55,4	42,3	33,3	27,4
0, 70	81,1	73,0	56,1	43,1	34,1	28,1
0, 80	81,5	73,8	57,4	44,6	35,5	29,4
0, 90	81,8	74,4	58,6	45,9	36,7	30,6
1, 00	82,0	75,0	59,6	47,0	37,8	31,6
1, 10	82,2	75,4	60,5	48,0	38,8	32,6
1, 20	82,4	75,9	61,3	48,9	39,7	33,5
1, 30	82,6	76,3	62,0	49,8	40,6	34,3
1, 50	82,9	76,9	63,2	51,3	42,2	35,8
1, 70	83,1	77,5	64,3	52,6	43,6	37,1
2, 00	83,4	78,1	65,6	54,3	45,3	38,9
2, 50	83,7	79,0	67,4	56,6	47,7	41,2
3, 00	84,0	79,6	68,7	58,3	49,7	43,3
3, 50	84,2	80,1	69,8	59,8	51,3	44,9
4, 00	84,4	80,5	70,7	61,0	52,7	46,4
5, 00	84,7	81,2	72,1	63,0	55,0	48,8
10, 00	85,3	82,8	75,9	68,5	61,6	56,0
15, 00	85,6	83,5	77,7	71,3	65,1	60,9
20, 00	85,8	84,0	78,8	73,0	67,3	62,5

Waarde van den coëfficiënt C uit de formule $U = C\sqrt{RI}$ volgens *Ganguillet* en *Kutter*.

	Gemiddelde straal R	VERHANG I =						
		0,000 025	0,000 05	0,000 1	0,000 2	0,000 4	0,001 0	0,010 0
	0, m05	38	44	51	54	56	57	58
	0, 10	49	56	61	65	68	70	71
	0, 20	63	70	74	77	78	79	80
Zeer gladde	0, 50	72	77	81	84	85	86	86
	0, 50	83	86	88	90	91	91	91
wanden								
	1, 00	100	100	100	100	100	100	100
n = 0,010	2, 00	115	111	109	107	106	105	105
	3, 00	124	117	113	111	110	109	108
	5, 00	134	123	118	115	113	112	111
	15, 00	151	135	125	121	118	117	116

Waarde van den coëfficiënt C uit de formule $U = C\sqrt{RI}$ volgens *Ganguillet* en *Kutter*.

	Gemiddelde straal R	VERHANG I =						
		0,000 025	0,000 05	0,000 1	0,000 2	0,000 4	0,001 0	0,010 0
Gladde wanden n = 0,013	0, m05	28	31	35	38	40	41	42
	0, 10	36	40	44	47	49	50	51
	0, 20	46	50	53	56	58	59	59
	0, 30	53	57	60	63	64	64	65
	0, 50	62	65	67	69	69	70	70
	1, 00	77	77	77	77	77	77	77
	2, 00	90	87	85	84	83	82	82
	3, 00	99	94	89	88	87	86	85
	5, 00	108	100	93	91	90	89	88
	15, 00	125	114	102	98	96	94	92
Minder gladde wanden n = 0,017	0, m05	19	22	24	26	28	29	29
	0, 10	25	29	32	34	35	36	36
	0, 20	34	37	39	41	42	42	43
	0, 30	40	43	45	46	47	47	48
	0, 50	47	49	50	51	51	52	52
	1, 00	58	58	58	58	58	58	58
	2, 00	71	69	67	66	65	64	64
	3, 00	78	74	71	70	69	68	68
	5, 00	87	79	75	73	72	71	70
	15, 00	105	90	83	79	77	76	75
Ruwe wanden n = 0,020	0, m05	15	18	20	21	23	23	24
	0, 10	21	23	25	28	29	29	30
	0, 20	28	30	32	34	35	36	36
	0, 30	33	35	37	38	39	40	40
	0, 50	40	41	42	43	43	44	44
	1, 00	50	50	50	50	50	50	50
	2, 00	61	59	57	56	56	55	55
	3, 00	69	64	61	59	59	58	58
	5, 00	76	70	66	63	62	61	61
	15, 00	94	81	74	70	68	67	66
Aarden wanden d = 0,025	0, m05	12	13	15	16	17	18	18
	0, 10	17	18	19	20	21	22	22
	0, 20	22	23	24	25	26	27	27
	0, 30	26	28	29	30	30	31	31
	0, 50	31	32	33	34	34	35	35
	1, 00	40	40	40	40	40	40	40
	2, 00	50	48	47	46	45	45	45
	3, 00	56	53	51	49	48	48	47
	5, 00	64	59	54	53	52	51	50
	15, 00	81	71	63	59	57	56	55

Waarde van den coëfficiënt C uit de formule $U = C\sqrt{RI}$ volgens *Ganguillet* en *Kutter*.

	Gemiddelde straal R.	VERHANG I =						
		0,000 025	0,000 05	0,000 1	0,000 2	0,000 4	0,001 0	0,010 0
Grint- en kiezelzand-achtige wanden n = 0,030	0, m05	10	11	12	13	13	14	14
	0, 10	13	14	15	16	17	18	18
	0, 20	18	19	19	20	21	22	22
	0, 30	21	22	22	24	24	25	25
	0, 50	25	26	27	27	28	29	29
	1, 00	33	33	33	33	33	33	33
	2, 00	42	41	40	40	39	38	38
	3, 00	48	45	43	42	42	41	41
	5, 00	56	51	47	45	44	43	43
	15, 00	72	62	55	52	51	49	48
Onregel-matige wanden n= 0,035	0, m05	8	9	9	10	10	11	11
	0, 10	11	12	12	13	13	14	14
	0, 20	15	16	16	17	17	18	18
	0, 30	18	19	19	20	20	21	21
	0, 50	22	23	23	23	24	24	24
	1, 00	29	29	29	29	29	29	29
	2, 00	36	35	34	34	33	33	33
	3, 00	42	40	38	37	36	36	36
	5, 00	49	45	43	42	41	40	39
	15, 00	65	56	51	47	45	44	43
Zeer onregel-matige wanden n = 0,040	0, m05	6	7	7	8	8	9	9
	0, 10	9	10	11	11	12	12	12
	0, 20	13	14	14	15	15	16	16
	0, 30	15	16	17	18	18	18	18
	0, 50	19	19	20	20	21	21	21
	1, 00	25	25	25	25	25	25	25
	2, 00	32	31	31	30	30	29	29
	3, 00	37	35	34	33	32	32	32
	5, 00	44	41	39	38	37	36	35
	15, 00	59	52	46	43	42	41	40

Nieuwere formules van *Siedek* en *Lindboe* voor de bepaling van de gemiddelde snelheid in waterloopen uit de gemiddelde diepte, het verhang en de breedte vindt men beschreven in het Zeitschrift für Gewässerkunde 10 Bd. Heft 1. Zie ook Gröger Z. d. Oe. I. u. A. V. 1914, bldz. 341.

Grootte van den gemiddelden straal R bij open kanalen van verschillend profiel.

De gemiddelde straal R wordt bepaald uit $R = \frac{\omega}{\chi}$

waarin ω het oppervlak van het natte profiel,
χ de omtrek van het natte profiel.

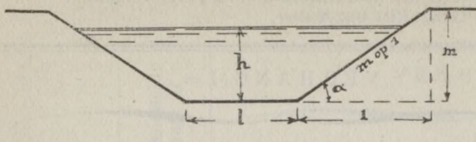


Fig. 5.

Bij *trapeziumvormige profielen* (met taluds m op 1 of m = tg hellingshoek α) (fig. 5) is:

$$\omega = h\left(l + \frac{h}{m}\right)$$

$$\chi = l + \frac{2h}{m}\sqrt{1 + m^2}$$

Wordt het talud uitgedrukt in 1 op n, dan is 1/n = m = tgα en worden de formules:

$$\omega = h\,(l + h\,n)$$

$$\chi = l + 2h\sqrt{1 + n^2}$$

alzoo
$$R = \frac{h\,(l + hn)}{l + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

Voor *rechthoekige profielen* is dus $R = \frac{lh}{l + 2h}$

Wordt l groot ten opzichte van *h*, dan wordt de gemiddelde straal

$$R = h$$

hetgeen bij breede ondiepe waterloopen kan worden aangenomen.

Bij *cirkelvormige profielen* (fig. 6) is

$$\omega = \left(\frac{\alpha\,\pi}{180} - \sin\alpha\right)\frac{D^2}{8}$$

$$\chi = \frac{\alpha\,\pi}{360}\,D$$

De hoogte van den waterspiegel, waarvoor de afvoer het grootst is, wordt bepaald door α = 308° en waarbij de snelheid het grootst is door α = 258°.

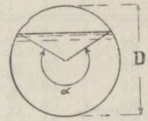


Fig. 6.

Voor een *driehoekig profiel* (fig. 7) is

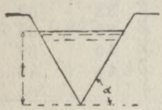


Fig. 7.

$$\omega = t^2 \cot\alpha$$

$$\chi = \frac{2t}{\sin\alpha}$$

of
$$R = \frac{t\cos\alpha}{2}$$

De gemiddelde straal wordt bij gelijke doorsnede maximum voor α = 45°.

De voordeeligste vorm van en snelheid in open kanalen.

Als het voordeeligste profiel van een open kanaal, waarvoor de afvoer het grootst of volgens formule (2) bldz. 382 de gemiddelde straal R het grootst is, wordt gevonden die trapeziumvormige doorsnede, waarbij tusschen waterdiepte h en bodembreedte l de betrekking bestaat

$$\frac{h}{l} = \frac{1 + \sqrt{1 + m^2}}{2\,m}$$

of ook wanneer (fig. 8) de lengte ac = bd van het talud gelijk aan de halve waterspiegelbreedte aO = Ob is. In dit geval is

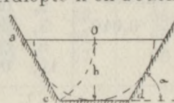


Fig. 8.

$$h = \sqrt{\frac{m\,\omega}{2\sqrt{1+m^2}-1}} \text{ of ook } = \sqrt{\frac{\omega\sin\alpha}{2 - \cos\alpha}}$$

Hierbij is α de hellingshoek van het talud en m de tangens van dien hoek (hoogte gedeeld door basis). De gemiddelde straal voor deze voordeeligste doorsnede is steeds gelijk aan

$$R = \frac{h}{2}$$

Constructief is het profiel te bepalen uit de voorwaarde, dat de wanden en de bodem

raaklijnen moeten zijn aan eenzelfden cirkel met het middelpunt O ter halver waterspiegelbreedte.

Daar h en daarmede R voor een gegeven doorsnede ω grooter zullen zijn, naarmate de wanden van het kanaal steiler zijn, zal men steeds moeten trachten zoo steil mogelijk te gaan als het terrein het toelaat, vooral omdat de inhoud van het grondverzet daarmede tevens kleiner wordt.

De waterdiepte h zal zoodanig gekozen moeten worden, dat er een gepaste verhouding bestaat tusschen diepte, en breedte. Men kan deze evenwel vervangen door een „kritische waterdiepte", h_0, dat is zoodanige waterdiepte, waarbij noch uitschuring, noch opslibbing plaats vindt.

Door *R. G. Kennedy* is daarvoor in de Punjab (Br. Indië) bij aanvoerirrigatieleidingen gevonden de formule

$$h_0 = 2{,}54\ U^{1{,}56}$$

terwijl bij fijner soort slib, zooals in Sind voorkomt

$$h_0 = 3{,}98\ U^{1{,}56}$$

geldt, of in het algemeen, hoe geringer het slibgehalte en hoe fijner het slib, hoe grooter de kritische waterdiepte.

De *voordeeligste snelheid* in aarden kanalen ligt tusschen 0,40 en 0,80 M per secunde.

Groote snelheden tasten het profiel aan en kleine snelheden geven opslibbing bij irrigatietoevoerkanalen.

Algemeen vindt men opgegeven

U_{max} = 0,50 M sec. voor Q tot 1,5 M³ sec.
„ = 0,60 „ „ „ „ „ 1,5 tot 4,5 M³ sec.
„ = 0,65 „ „ „ „ „ 4,5 tot 10 M³ sec.

De ingenieur *Steevensz* (de Waterstaats-Ingenieur 1918) stelt voor de formule

$$U_{max} = 0{,}41\ Q^{0{,}225}$$

Snelheidsverandering in het profiel van open kanalen.

De maximum snelheid in een profiel ligt even onder den waterspiegel en meestal daar, waar de rivier de meeste diepte heeft.

Van de oevers, waar de snelheid gering is, neemt deze naar den stoomdraad (lijn, die de punten van maximum snelheid verbindt) toe, evenzoo van den bodem naar boven.

De snelheden der waterdeelen in eenzelfde vertikaal zijn als parabool voor te stellen (fig. 9).

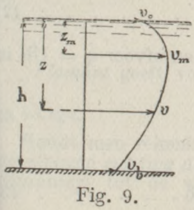


Fig. 9.

Is z_m de ordinaat van het punt, waar de snelheid het grootst is, dan is volgens *Bazin* de vergelijking

$$v = v_m - \frac{20\sqrt{hI}}{h^2\left(1 - \frac{z_m}{h}\right)^2}(z - z_m)^2$$

of volgens *Cunningham*

$$(z - z_m)^2 = p\,(v_m - v)$$

of bij invoering van de oppervlaktesnelheid v_0 bij $z = 0$

$$p\,(v_0 - v) = z^2 - 2\,z_m\,z$$

De grootheden z_m, v_m en p zijn te bepalen, wanneer men drie snelheden in de vertikaal gemeten heeft.

De gemiddelde snelheid in een vertikaal is

$$U = \frac{1}{h}\int_0^h v\,dz$$

of met de formule van *Cunningham*

$$U = v_0 + \frac{1}{p}\ hz_m - \frac{1}{3p}\ h^2$$

Voldoende nauwkeurig kan men aannemen, dat bij breede wateroppervlakken de gemiddelde snelheid in een vertikaal voorkomt op $^3/_5$ van de diepte beneden den waterspiegel.

Bij de oevers bevindt zich het punt met de gemiddelde snelheid lager dan in het midden van het kanaal en wel tot 0,73 van de diepte onder den waterspiegel.

Weet men omgekeerd de gemiddelde snelheid van het geheele profiel, dan is de maximum snelheid daarin uitgedrukt volgens *Bazin:*

$$v_m = U + 14\sqrt{RI} \quad \text{of} \quad v_m = \frac{C + 14}{C}\ U$$

hoewel 14 dikwijls wat te groot is.

Daar de oppervlaktesnelheid slechts weinig minder is dan de maximumsnelheid, kan men de gemiddelde snelheid bij benadering uitdrukken in de opperplaktesnelheid door

$$U = v_0 - 14\sqrt{RI}$$

of

$$U = v_0\ \frac{C}{C + 14}$$

In het *horizontale vlak* is de verdeeling van de snelheid zoodanig, dat zij het grootst is bij het midden en eerst langzaam, daarna naar de oevers toe snel afneemt. Meerdere diepte van het kanaal doet de snelheid in het horizontale vlak meer toenemen en omgekeerd.

Ongelijkvormige beweging bij open kanalen.

De algemeene vergelijking (2) bldz. 375 der permanente beweging gaat bij open kanalen over in

$$\sin I = \frac{\varkappa}{\omega}\ \varphi(U) + \alpha\ \frac{d}{ds}\left(\frac{U^2}{2g}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Men heeft hierbij vrij onzekere gegevens omtrent $\varphi(U)$ en α. Zooals reeds opgemerkt kan men volgens *de St. Vénant* voor φ (U) de uitdrukking bU^2 voor de eenparige beweging stellen, wanneer de constante α een weinig grooter genomen wordt (1,085 tot 1,138). Voert men de bodemhelling i en de verandering der diepte dh in plaats van den hellingshoek I der vloeistofvezels in, dan weet men, dat

$$Ids = ids - dh$$

terwijl $\sin I = I$ stellende, de vergelijking (1) overgaat in

$$I = i - \frac{dh}{ds} = \frac{\varkappa}{\omega}\ bU^2 + \alpha\ \frac{d}{ds}\left(\frac{U^2}{2g}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Is h de gemiddelde waterdiepte en voert men den constanten afvoer $q = Uh$ in

of ook

$$Udh + hdU = o$$

alzoo

$$\frac{dh}{ds} = -\frac{h}{U^2}\ \frac{d}{ds}\left(\frac{U^2}{2}\right)$$

dan kan (2) ook worden geschreven in den vorm

$$I\ ds = ids - dh = \frac{\varkappa}{\omega}\ b\ \frac{q^2}{h^2}\ ds - \frac{\alpha}{g}\ \frac{q^2}{h^3}\ dh \ldots\ldots\ldots (3)$$

met welke vergelijking de gewenschte grootheden worden gevonden.

De laatste term is veelal klein en te verwaarloozen b.v. bij $h = 1$ M en $U = 1$ M wordt $q = 1$ en $\frac{\alpha}{g}\ \frac{q^2}{h^3} = 0{,}11$ alzoo wordt de tweede factor ongeveer 0,1 dh. Doet men dit, dan krijgt men

$$-\ dh = b\ \frac{q^2}{h}\ ds$$

of

$$-\ hdh = bq^2\ ds$$

Geïntegreerd tusschen S_1 en S_2

$$\tfrac{1}{2}(h_1^2 - h_2^2) = bq^2 (S_2 - S_1)$$

waaruit
$$q^2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2\,b\,(S_2 - S_1)}$$

welke vergelijking overeenkomt met die der eenparige beweging, wanneer voor de gemiddelde straal $R = h$ de waarde $\frac{h_1 + h_2}{2}$ genomen wordt, want

$$q = \frac{1}{\sqrt{b}} \sqrt{\frac{h_1 + h_2}{2} \times \frac{h_1 - h_2}{S_2 - S_1}} = C \sqrt{RI}$$

Heeft men een kanaal van beperkte afmetingen, dan wordt (2) bij $i = o$ en $Q = \omega \times U$

$$-\,dh = \frac{\chi}{\omega}\, bU^2\, ds$$

of ook
$$-\,dh = \frac{\chi}{\omega^3}\, bQ^2\, ds \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Voor een trapeziumvorming profiel met bodembreedte l, diepte h en taluds $tg\,\alpha = m$ wordt de vergelijking derhalve:

$$-\,dh = bQ^2 \frac{l + 2\,ph}{\left(l + \frac{h}{m}\right)^3 h^3}\, ds$$

waarin
$$p = {}^1\!/\!_m \sqrt{1 + m^2}$$

of
$$ds = -\,\frac{l^6}{b\,Q^2} \, \frac{\left(1 + {}^1\!/\!_m \frac{h}{l}\right)^3 \left(\frac{h}{l}\right)^3}{1 + 2\,p\left(\frac{h}{l}\right)} \left(\frac{h}{l}\right)$$

Geïntegreerd tusschen S_1 en S_2 met $\frac{h_1}{l}$ en $\frac{h_2}{l}$ wordt dus

$$S_2 - S_1 = -\,\frac{l^6}{b\,Q^2}\,\varphi \left\{ \varphi\left(\frac{h_2}{l}\right) - \varphi\left(\frac{h_1}{l}\right) \right\}$$

of
$$Q^2 = \frac{l}{b\,(S_2 - S_1)} \left\{ \varphi\left(\frac{h_1}{l}\right) - \varphi\left(\frac{h_2}{l}\right) \right\}$$

Flamant geeft voor $\varphi\left(\frac{h}{l}\right)$ een tafel voor verschillende waarden van $\frac{h}{l}$ en $m = tg\alpha$.

Houdt men rekening met de wederzijdsche hellingen der vloeistofvezels en met de gebogen richting daarvan, dan komt *Boussinesq* (Essai sur la théorie des eaux courantes) tot de volgende formule:

$$I + h\,\frac{U^2}{2g}\,\frac{d^2 I}{ds^2} = \frac{bU^2}{h} + \alpha\,\frac{d}{ds}\left(\frac{U^2}{2g}\right) + \frac{h^2}{6}\,\frac{d^3}{ds^3}\left(\frac{U^2}{2g}\right) \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Zijn de veranderingen van het profiel geleidelijk en langzaam verloopend, dan kan het tweede lid met $\frac{d^2 I}{ds^2}$ ook weggelaten worden.

Bepaling van de stuwkromme.

De waterlijn, welke zich boven een stuw vormt of zoogenaamde stuwkromme, verloopt naar boven concaaf en asymptotisch aan den oorspronkelijken water-

spiegel. De stuwwijdte is de afstand tot het punt, waar de opstuwing ten opzichte van de natuurlijke wisselingen van het niveau verwaarloosd kan worden. Daar de beweging van het water niet meer gelijkvormig is, moeten de formules voor de ongelijkvormige beweging (formule 3) toegepast worden. Volgens *Rühlmann* is voor de ongelijkvormige beweging de stuwwijdte

$$L = \frac{t}{I} \left\{ f\left(\frac{H}{t}\right) - f\left(\frac{h}{t}\right) \right\}$$

waarin f een functie,
H de hoogte van den opgestuwden waterspiegel boven den oorspronkelijken aan het benedeneinde,
h idem aan het boveneinde van de beschouwde lengte,
I het oorspronkelijk verhang van den onopgestuwden waterspiegel of van den bodem,
t de diepte van den onopgestuwden waterloop.

Neemt men aan, dat een opstuwing van $\frac{h}{t}$ van b.v. 0,01 verwaarloosd kan worden, dan is de stuwwijdte tot dit punt:

$L = \frac{t}{I} \left\{ f\left(\frac{H}{t}\right) - f(0{,}01) \right\} = \frac{t}{I}\, f\left(\frac{H}{t}\right)$ in welk geval de waarde van $f\left(\frac{H}{t}\right)$ te ontleenen is aan onderstaanden tabel:

$\frac{H}{t}$	$f\left(\frac{H}{t}\right)$	$\frac{H}{t}$	$f\left(\frac{H}{t}\right)$	$\frac{H}{t}$	$f\left(\frac{H}{t}\right)$
0,01	0,006 7	0,4	1,511 9	1,6	2,940 1
0,02	0,244 4	0,5	1,661 1	1,7	3,045 8
0,03	0,386 3	0,6	1,798 0	1,8	3,150 8
0,04	0,488 9	0,7	1,926 6	1,9	3,255 3
0,05	0,570 1	0,8	2,049 5	2,0	3,359 5
0,06	0,637 6	0,9	2,168 3	2,5	3,875 4
0,07	0,695 8	1,0	2,284 1	3,0	4,384 4
0,08	0,748 2	1,1	2,397 1	4,0	5,395 8
0,09	0,793 3	1,2	2,508 4	5,0	6,401 9
0,10	0,835 3	1,3	2,617 9	6,0	7,405 6
0,20	1,136 1	1,4	2,726 4	8,0	9,409 7
0,30	1,342 8	1,5	2,833 7	10,0	11,411 7

Bij niet te sterk verhang kan meestal de stuwwijdte gelijk aan het dubbele van den afstand genomen worden. welke zou volgen, indien de waterspiegel ter hoogte van de opstuwing horizontaal bleef d. w. z. de z.g. hydrostatische stuwwijdte of gelijk aan

$$2 \times h \cot I$$

waarbij I gelijk aan het oorspronkelijk verhang.

Beweging van het grondwater.

Bij de beweging van het water door doorlatende grondlagen heeft men rekening te houden met de groote weerstanden, welke het bij de strooming door de poriën van den grond ondervindt. *Dupuit* stelde de beweging door de grondlaag gelijk met een gelijkvormige beweging van het water door een oneindig aantal fijne kanalen, waarvoor dus de algemeene bewegingsvergelijking voor strooming door buizen

$$\frac{\omega}{\chi}\, I = \varphi\,(U)$$

kan gelden, waarin

ω de natte doorsnede der kanalen,
χ de natte omtrek der kanalen,
U de gemiddelde snelheid van doorstrooming,
I het drukhoogteverlies per eenheid van lengte van den grondwaterstroom.

Drukt men den wrijvingsweerstand van de gronddeelen uit in den vorm

$$\varphi(U) = \alpha U + \beta U^2 + \gamma U^3 + \dots$$

dan zijn hierbij tengevolge van de geringe snelheid van doorstrooming de termen βU^2, γU^3, enz. te verwaarloozen en wordt dus de algemeene vergelijking

$$\frac{\omega}{\chi} I = \alpha U \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Voor elke grondsoort heeft $\frac{\omega}{\chi}$ een bepaalde waarde, afhangende van de grootte der gronddeelen en daaruit volgende poriëndoorsnede, zoodat voor een bepaalde grondsoort de bewegingsvergelijking ook te schrijven is in den vorm

$$I = \mu U \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

waarin μ dus een zekere constante coëfficiënt, behoorende bij een zekere grondsoort.

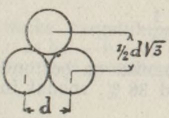


Fig. 10.

Denkt men zich de gronddeelen te bestaan uit ronde korrels of kogeltjes van een middellijn *d* en wel zoodanig, dat zij tetraedervormig op elkaar liggen (fig. 10), dan is het aantal korrels, dat een volume $V = F \times 1$ kan bevatten

$$n = \frac{V}{d^3} \sqrt{2} = 1{,}41 \frac{V}{d^3}$$

en de inhoud van deze korrels bij elkaar

$$n \pi \frac{d^3}{6} = 0{,}7382 \ V$$

zoodat de gezamenlijke tusschenruimten een inhoud hebben van

$$(1 - 0{,}7382) \ V = 0{,}2618 \ V$$

terwijl de totale oppervlakte der korrels is

$$n = \pi d^2 = 4{,}44 \frac{V}{d}$$

Het aantal in een oppervlak F der doorsnede is $m = 1{,}15 \frac{F}{d^2}$ en dus het oppervlak der grootste doorsnede der korrels, $^1/_4 \, m \pi d^2 = 0{,}9 \ F$, zoodat de open ruimte in de doorsnede is 0,1 F en het oppervlak der enkele opening $\frac{0{,}1 \ F}{2 \ m} = 0{,}04 \ d^2$.

Waren de korrels gelegen in den vorm van 4 stuks in een kubus, dan was het poriënvolume

$$\frac{d^3 - {}^1/_6 \, \pi d^3}{d^3} V = 0{,}4764 \ V$$

het aantal $n = \frac{V}{d^3}$ en het oppervlak der korrels $n \times \pi d^2 = 3{,}14 \frac{V}{d}$

Het poriënvolume is in beide gevallen bij evengroote korrels dus onafhankelijk van de middellijn, terwijl het oppervlak daarvan met de middellijn omgekeerd evenredig is.

Per eenheid van lengte van den grondwaterstroom wordt dus in het ongunstigste geval

$$\frac{\omega}{\chi} = \frac{0{,}26 \ F}{4{,}44 \frac{F}{d}} = \frac{0{,}26 \ d}{4{,}44}$$

en de vergelijking (1)

$$\frac{0{,}26 \ d}{4{,}44} I = \alpha U \quad \text{of} \quad I = \frac{4{,}44}{0{,}26} \frac{\alpha}{d} U = \mu U \quad \dots \quad (3)$$

waaruit voor μ de waarde $\frac{4{,}44}{0{,}26} \frac{\alpha}{d}$ zou volgen.

Evenwel komt zulk een geval in de natuur niet voor.

H. Lang vond voor gewoon zand met korrelgrootte van d = 0,1 tot 0,8 mM een poriënvolume van 0,36 V; *Kröber* voor zorgvuldig gesorteerd en gereinigd zand van d = 0,54 tot 3,8 mM een poriënvolume van 0,39 tot 0,41 V. In het algemeen kan men dus stellen

$$\mu = \frac{c}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Darcy heeft het drukverlies proefondervindelijk bepaald (fig. 11). Hij ging den afvoer na van een met grond gevulde buis, welke onder zekeren waterdruk stond en vond, wanneer

q het debiet per vierkante eenheid der gronddoorsnede,
l de dikte der grondlaag,
H de waterdruk op den bodem der grondlaag voorstelt,

dat bij verschillende drukhoogten en grondlaagdikten, steeds voldaan werd aan de betrekking

$$q = k \frac{H}{l}$$

waarbij k een coëfficiënt, alleen afhangende van de grondsoort.

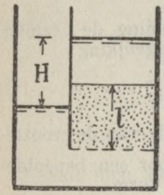


Fig. 11.

Daar q, zijnde het debiet per vierkante eenheid, tevens de snelheid van doorstrooming aangeeft en $\frac{H}{l}$ het drukverlies I per eenheid van lengte voorstelt, krijgt men dus de formule (2) terug en is $k = \frac{1}{\mu}$.

Bij het filterzand, dat *Darcy* bij zijn proeven bezigde, was k = 0,0008 en bestond uit korrels van ongeveer 0,80 mM middellijn en de poriëninhoud 38 %, zoodat in dit geval uit (4) zou volgen

$$\frac{1}{0{,}0008} = \frac{c}{0{,}8 \times 0{,}001} \text{ of } c = 1.$$

Volgens *Slichter* is voor zuiver zand van gelijkmatige korrelgrootte bij 10° C

$$q = k_1 \, d^2 \, \frac{H}{l} \text{ in } M^3 \text{ per uur,}$$

waarbij d in M en voor een poriënvolume

m = 0,26 0,28 0,30 0,32 0,34 0,36 0,38 0,40 0,42 0,44 0,46 0,47
k_1 = 3,32 4,25 5,33 6,60 8,07 9,73 11,6 13,8 15,2 18,9 21,8 23,7

Bij grof zand, grint en steenslag geldt een andere betrekking en neemt k met toenemende verhouding $\frac{H}{l}$ af.

Volgens deze opgave zou voor het filtermateriaal van *Darcy* dus $k = k_1 d^2$ bedragen hebben 11,6 × 0,64 × 0,000 001 = 0,000 742 4.

Beschouwt men nu een grondwaterstroom door een doorlatende laag (fig. 12) afgesloten door een ondoorlatende bodemlaag, waarbij

i het verhang van deze bodemlaag,
q het debiet per eenheid van lengte der doorlatende laag.
h de hoogte van het grondwaterniveau boven de bodemlaag.
y de hoogte van dit niveau boven een horizontaal, gaande door een zeker beginpunt van rekening der bodemlaag, zoodat
y = h—i · s op een afstand s van dit punt,
m de verhouding tusschen het poriënoppervlak en het geheele doorsnede-oppervlak van de doorlatende laag, zoodat mh de grootte van het poriënoppervlak voorstelt bij eenheid van breedte en hoogte h dezer laag, dan is

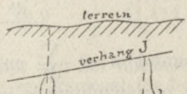


Fig. 12.

$$q = m \, h \, U \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

of U uit (2) bldz. 393 en (2) geëlimineerd

$$I = \frac{\mu}{m} \frac{q}{h} = \mu' \frac{q}{h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Is het verhang van den grondwaterstroom flauw, dan kan het oppervlakteverhang nagenoeg gelijk gesteld worden aan

$$I = -\frac{dy}{ds} \quad \text{of daar} \quad y = h - i\,s$$

$$dy = dh - i\,ds$$

of deze waarden in (3) gesubstitueerd

$$-\frac{dh - i\,ds}{ds} = \mu' \frac{q}{h}$$

of

$$-\frac{dh}{ds} + i = \mu' \frac{q}{h}$$

of

$$ds = -\frac{h\,dh}{\mu' q + h}$$

of geïntegreerd tusschen o en s

waarbij h_0 de hoogte van de grondwaterlaag in het beginpunt voorstelt:

$$s = \frac{h_0 - h}{i} + \frac{\mu' q}{i^2} \lg \frac{\mu' q + i\,h}{\mu' q + i\,h_0}$$

Is het oppervlak der ondoorlatende laag nagenoeg horizontaal of $i = 0$, dan wordt

$$s = \frac{1}{2\,\mu' q}(h_0^2 - h^2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

welke vergelijking een parabool voorstelt met horizontale as.

Is $h_0 - h = z$ de daling van het grondwateroppervlak tusschen twee doorsneden van den grondwaterstroom, dan kan (4) ook worden geschreven in den vorm

$$q = \frac{1}{\mu'} \frac{z}{s} \frac{h + h_0}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4a)$$

Strooming tusschen twee ondoorlatende lagen.

Had men een doorlatende laag opgesloten tusschen twee ondoorlatende lagen, dus een grondwaterstroom in den vorm van een doorstrooming door een leiding of buis, dan zou, wanneer de L totale lengte dezer leiding en H het totale drukhoogteverlies voorstelt.

$$\frac{H}{L} = \mu\,U$$

en wanneer ω de leidingdoorsnede

$$q = m\,\omega\,U = \frac{\omega}{\mu'} \frac{H}{L} \text{ zijn.}$$

Debiet van gewone putten.

Heeft men een ronden put met doorlatende wanden gegraven in een doorlatende laag, gaande tot den bodem van een horizontale ondoorlatende laag, dan kan met behulp van de gevonden bewegingsvergelijking, het debiet van den put bepaald worden. Noemen we R den straal van den put, L den straal van het doorlatende gebied, dat op den put afwatert, h de hoogte van het water in den put, wanneer men daaraan een geregelde hoeveelheid water q ontneemt en H de hoogte van het water in den put, wanneer deze aan zichzelf is overgelaten en het water daarin in evenwicht is met het grondwaterniveau. Is x de afstand van een willekeurig punt van een doorlatende laag, y de ordinaat van het vloeistofoppervlak in dit punt, dan is het oppervlakteverhang vrijwel gelijk aan $\frac{dy}{dx}$ en wordt vergelijking (1)

$$\frac{dy}{dx} = \mu\,U \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Het filtreerend cylinderoppervlak op den afstand x of van den straal x is $2m\pi xy$ en daar de snelheid van het water U gesteld is,

$$q = 2 \cdot m \cdot \pi \cdot x \cdot y \cdot U$$

of in (5) gesubstitueerd en $\frac{\mu}{m} = \mu'$ gesteld, is

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\mu' q}{2\,\pi} \frac{1}{xy} \quad \text{of} \quad y\,dy = \frac{\mu' q}{2\,\pi} \frac{dx}{x}$$

of geïntegreerd 1e. tot de plaats van den put of x + R waar y + h_0 is, wordt

$$y^2 - h_0^2 = \frac{\mu'}{\pi} q \lg \frac{y}{R}$$

2e. Geïntegreerd tot de andere limiet x = L, waarbij y = H gesteld wordt, geeft

$$y^2 - H^2 = \frac{\mu'}{\pi} q \lg \frac{x}{L}$$

Uit beide bovenstaande vergelijkingen, welke ieder de vergelijking van de oppervlaktekromme aangeven, vindt men

$$q = \frac{2\pi}{\mu'} \frac{H - h_0}{\lg L - \lg R} \frac{H + h_0}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

zoodat het debiet van den put evenredig is aan de drukhoogte H—h_0, de gemiddelde dikte van de grondwaterlaag $\frac{H + h_0}{2}$ maar omgekeerd evenredig aan de logarithme van $\frac{L}{R}$.

Twee putten met verschillende stralen R en R′ en in dezelfde omstandigheden verkeerende hebben dus debieten, welke zich verhouden als

$$\frac{q}{q'} = \frac{1 - \lg \frac{R'}{L}}{1 - \lg \frac{R}{L}}$$

Zoodat, daar R en R′ veelal klein zijn ten opzichte van L het debiet niet veel zal verschillen.

Debiet van een artesischen put.

In de vertikale buis, welke tot in de doorlatende laag reikt, stijgt het grondwater zoover op, tot zijn evenwichtstoestand (piëzometrisch niveau) is bereikt. Is H de hoogte van dit piëzometrisch niveau boven het laagste punt in de buis, dan zal op een lager punt dan deze hoogte H het water uit de buis stroomen. Is bij een hoogte h < H het debiet Q bij een gemiddelde snelheid U, waarmede het water door de geheele buis stroomt, dan zou, wanneer geen wrijvingsverliezen plaats hadden

$$U^2 = 2g\,(H—h) \quad \text{of} \quad H - h = \frac{U^2}{2g}$$

Evenwel heeft weerstand plaats bij het bewegen van het water door de doorlatende lagen, een weerstand, welke, zooals gezien, kan worden uitgedrukt in een lineaire functie van de snelheid, waarmede het water toestroomt, daar de beweging zeer langzaam is.

Dit wrijvingsverlies, correspondeerende met de hoogte h, waarop het water wordt opgevoerd, kan worden uitgedrukt in den vorm

$$\frac{h\,U}{B}$$

waarin B een coëfficiënt, afhangende van den weerstand van de watervoerende laag.

Verder heeft men nog den weerstand in de buis, welke (zie bldz. 379) gelijk is aan

$$\frac{4b_1\,U^2}{D}\,h$$

waarin b_1 een coëfficiënt en D de middellijn.

Zoodat het totale drukverlies wordt

$$H - h = \frac{U^2}{2g} + \frac{4b_1U^2}{D}\,h + \frac{hU}{B} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Daar de snelheid klein is, is $\frac{h\,U}{B}$ wel het grootste verlies en kunnen de andere, welke U in de tweede macht bevatten, ten opzichte daarvan worden verwaarloosd, zoodat (7) overgaat in

$$H - h = \frac{hU}{B} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7a)$$

of

$$B = \frac{hU}{H - h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7b)$$

Kent men nu de hoogte van het evenwicht H en bij een willekeurige hoogte $h = h_0$ het debiet Q_0 en de gemiddelde snelheid U_0, dan is B te vinden uit

$$B = \frac{h_0\, U_0}{H - h_0} \quad \text{. . . . . (7c}$$

en eenmaal bepaald, kan dan het debiet of de snelheid voor elke ander willekeurige hoogte h bepaald worden.

Uit (7b) en (7c) heeft men nl.

$$U = \frac{h_0 U_0 - B\,(h - h_0)}{h}$$

Wanneer het debiet van een put vermindert, kan dit twee oorzaken hebben, òf de grondwaterstroom is in kracht verminderd òf de weerstand in en om den put is door aanslibbing enz. vermeerderd. In het eerste geval zal het waterniveau in den put bij evenwichtstoestand zijn verlaagd en in het laatste geval hetzelfde gebleven.

Uitstrooming door openingen.

De uitstroomingssnelheid U door een kleine opening in een wand van een reservoir bij een drukhoogte h wordt theoretisch in grootte voorgesteld door:

$$U = \sqrt{2gh}$$

Volgens proeven varieert de werkelijke snelheid tusschen 0,97 à 1 maal de berekende, De uitstroomende hoeveelheid Q door een opening ter grootte ω wordt voorgesteld door

$$Q = m\,\omega\,\sqrt{2gh}.$$

waarin *m* de contractiecoëfficiënt en afhankelijk van den vorm en de grootte van de opening en van de drukhoogte h. In het algemeen wordt m kleiner, wanneer de opening en de drukking grooter wordt.

Bij strooming door een *cirkelvormige* opening in een dunnen wand is de doorsnede van de grootste contractie van den waterstraal ongeveer gelijk aan 0,64 maal de doorsnede van de opening.

Bij strooming door *rechthoekige* openingen (fig. 13) is

$$Q = {}^2/_3\, m\, b \times (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})\,\sqrt{2g} \quad \text{. . . . . (1)}$$

of uitgaande van de snelheid in het zwaartepunt der opening:

$$Q = \mu\, a\,.\,b\,\sqrt{2gh} \quad \text{. . . . . (2)}$$

waarin h de afstand van het zwaartepunt der doorsnede van de opening tot den waterspiegel.

De verhouding tusschen Q volgens formule (1) en Q volgens formule (2) bij eenzelfden coëfficiënt, wisselt, bij verschillende verhouding $\frac{h_1}{h_2}$ van 0 tot 1, af van 0,943 tot 1, zoodat practisch mag worden aangenomen, dat beide afvoeren gelijk zijn, hetgeen neerkomt op de aanname van eenzelfde snelheid in de geheele opening en gelijk aan die in het zwaartepunt.

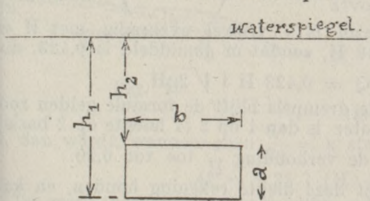


Fig. 13.

Waarden van μ voor b = 0,20 M en a = 0,01 — 0,20 M volgens *Poncelet* en *Lesbros:* (fig. 13).

h_2	a=0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	—	—	0,607	0,630	0,660	0,701
0,05	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
1,00	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
2,00	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,00	0,601	0,603	0,606	0,610	0,610	0,609

In het algemeen kan *m* aangenomen worden op 0,60 à 0,65 of gemiddeld 0,62. De contractie geschiedt volkomen, wanneer de opening niet minder dan 1½ à 2 maal de afmeting van de opening van den bodem verwijderd ligt. Bij uitstrooming

door ronde openingen met een aanzetstuk ter lengte van 2½ tot 4 maal de middellijn van de opening zonder afronding is volgens Zeuner m = 0,809, dus neemt het debiet toe.

Kan de aanvoersnelheid van het bovenwater niet verwaarloosd, worden zooals bij spuiopeningen van sluizen, dan wordt (1)

$$Q = {}^2/_3 \text{ mb} \left\{ (h_1 + k)^{3/2} - (h_2 + k)^{3/2} \right\} . \sqrt{2g}$$

waarin $k = \frac{U^2}{2g}$ als U de aanvangssnelheid.

Ligt de opening met den onderkant een afstand *a* onder het benedenwater, maar met den bovenkant daarboven, dan is

$$Q = 2/3 \text{ mb} \left\{ (h_1 + k)^{3/2} - (h_3 + k)^{3/2} \right\} \sqrt{2g} + \text{m.a.b.} \sqrt{2g\ (h_1 - a + k)}$$

en ligt de geheele opening onder water en is het niveauverschil tusschen boven- en onderwater h, dan is

$$Q = \text{m.a.b.} \sqrt{2g\ (h + k)}$$

waarin voor alle gevallen m gemiddeld 0,62 wanneer de onderkant boven den sluisbodem en m van 0,65 tot 0,70 aan te nemen is, wanneer de onderkant daarmede gelijk ligt.

Uitstrooming bij veranderlijke drukhoogte.

Is O het constante oppervlak van een reservoir, dat leegstroomt en h de oorspronkelijke drukhoogte voor de opening met een oppervlak ω, dan is de tijd, welke voor het leegloopen benoodigd is:

$$T = \frac{2Oh}{m\,\omega \sqrt{2gh}}$$

dus dubbel zoo groot als de tijd, welke benoodigd is om bij gelijke drukhoogte dezelfde hoeveelheid water door de opening te doen stroomen.

Vloeit het water uit een reservoir met doorsnede F_1 in een tweede met doorsnede F_2 door een opening ω en bedraagt het niveauverschil in het begin h_1 en aan het einde h_2 dan is de tijd, welke tusschen deze beide niveauverschillen verloopt

$$T = \frac{2F_1F_2\ (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{\omega\ (F_1 + F_2) \sqrt{2g}}.$$

Overlaten.

Volkomen overlaten.

a. *met dunnen drempel* (fig. 14).

Is de aanvangssnelheid nul, de drempel *vertikaal*, en is de drempelhoogte p zeer groot, dan is

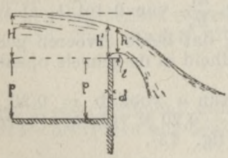


Fig. 14.

$$Q = m\ H\ l \sqrt{2gH} \quad . \ . \ . \ . \ (1)$$

waarin

$$m = 0{,}5216 \left(1 - \frac{\varepsilon}{H}\right)^{3/2}$$

Volgens *Bazin* is ε vrijwel evenredig met H en gemiddeld 0,13 H, zoodat m gemiddeld is 0,423, dus

$$Q = 0{,}423\ H\ l \sqrt{2gH}$$

Bij hellende drempels blijft de formule gelden zoolang de helling benedenwaarts niet grooter is dan 1 op 2 (1 hoogte op 2 basis). Bij bovenwaarts hellende drempels neemt de verhouding $\frac{\varepsilon}{H}$ toe tot 0,20.

Bij kleine drempelhoogte moet men met deze diepte rekening houden, en kan men den coëfficiënt m stellen op:

$$m = 0{,}5216 \left(1 - \frac{\varepsilon}{H}\right)^{3/2} \left\{ 1 + 0{,}42 \left(\frac{H}{H + p}\right)^2 \right\}$$

Hierbij varieert $\frac{\varepsilon}{H}$ volgens de waarnemingen van *Bazin* van 0,097 bij p = 0,35 tot 0,112 voor p = 1,13, en neemt dus met de drempeldiepte af tot nul.

In de practijk vindt men voor de waterhoogte h′ boven den drempel gemiddeld 0,86 H en als minimum 0,72 H. In h′ uitgedrukt wordt dan de afvoer ongeveer

$$Q = 0{,}529\; h'l \sqrt{2gh'}$$

waarvan bij afvoermetingen kan worden gebruik gemaakt, indien de waterhoogte op eenigen afstand boven den drempel liefst 1 M of meer niet kan worden afgelezen.

Bij afvoermetingen van kleine waterhoeveelheden zooals van beken, leidingen, enz. kan men gebruik maken van zg. *meetschotten* met bepaalde opening, welke als volkomen overlaat werken. Hierbij kan weder de algemeene formule (1) toegepast worden en geeft *Lesbros* bij normale contractie van den waterstraal d.i. dus wanneer de drempelhoogte p voldoende groot is en de waterspiegel in rust, de volgende waarden van m:

Drempelbreedte 0,20 M				Drempelbreedte 0,60 M			
H	m	H	m	H	m	H	m
0,01 M	0,424	0,08	0,397	0,06	0,412	0,30	0,391
0,02	0,417	0,10	0,395	0,10	0,406	0,40	0,391
0,04	0,407	0,15	0,393	0,15	0,400	0,50	0,391
0,06	0,401	0,20	0,390	0,20	0,395	0,60	0,390

waarbij H gemeten op 1 M van den drempel.

Voor afvoermetingen neemt men voor de nauwkeurigheid der waarneming H liefst meer dan 0,10 M. De vloeistofstraal blijft nl. vrij van den drempelwand zooals in de figuur, wanneer de waterhoogte H meer dan twee maal de drempeldikte d is, tusschen 2d en $^3/_2$ d verkeert de straal in een labiel evenwicht.

Is de aanvangssnelheid niet gelijk nul, maar gelijk U, en stelt men $\frac{U^2}{2g} = k$, dan wordt de formule $Q = m\,(H + k)\; l \sqrt{2g\,(H + k)}$

Voor drempels welke lang zijn ten opzichte van de dikte van den waterstraal, kan dan dezelfde m worden toegepast als boven. Bij grooter waterhoogte en kleiner verhouding tusschen dwarsprofiel en doorlaat (zooals bij meetschotten, enz. in kanalen) kan de formule van *Weisbach* worden toegepast nl.

$$m' = m\left(1 + 0{,}155\;\frac{l}{O}\right)$$

waarin O de geheele omtrek der rechthoekige opening.

b. *met dikken drempel* (fig. 15).

Is de aanvangssnelheid nul en h de minimum waterhoogte boven den drempel, dan is deze theoretisch gelijk aan $^2/_3$ H en de afvoer

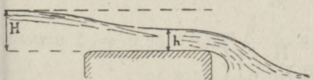


Fig. 15.

$$Q = 0{,}385\; mHl \sqrt{2gH}$$

of volgens proeven van *Lesbros*

$$0{,}35\; Hl \sqrt{2gH.}$$

Is de aanvangssnelheid niet gelijk nul maar u, dan wordt, wanneer men $\frac{u^2}{2g} = k$ stelt:

$$Q = 0{,}35\; l\,(H + k) \sqrt{2g(H + k)}.$$

De grens tusschen dunnen en dikken drempel is niet scherp aan te geven; in het algemeen neemt men aan, dat men een dunnen drempel heeft, als de dikte d $< {}^1/_2$ H en een dikken drempel als d $> {}^2/_3$ H.

Onvolkomen overlaten.

a. *Met dunnen drempel en lengte l.*

Is de aanvangssnelheid 0, dan is volgens *Lesbros*

$$Q = mlH \sqrt{2g\,(H - h)}$$

waarin m veranderlijk met H—h:

$\frac{H-h}{H}$ =	0,004	0,008	0,10	0,25	0,50	1,00
m =	0,430	0,605	0,516	0,502	0,474	0,390

of gemiddeld m = 0,48.

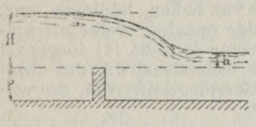


Fig. 16.

Volgens *Du Buat* kan de onvolkomen overlaat worden gedacht te bestaan uit een volkomen overlaat over hoogte H—h en een uitstrooming door een opening ter hoogte h, waardoor de algemeene formule wordt

$$Q = \tfrac{2}{3}\, m_1\, l\, (H - h) \sqrt{2g\,(H - h)} + m_2\, l\, h \sqrt{2g\,(H - h)}$$

of wanneer de aanvangssnelheid = u en $k = \frac{u}{2g}$

$$Q = \tfrac{2}{3}\, m_1\, l \left\{ (H-h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} \sqrt{2g} + m_2\, l\, h \sqrt{2g\,(H-h+k)}$$

De formule berust evenwel niet op theoretisch juisten grondslag, maar kan als empirische formule dienen, wanneer de coëfficiënten er naar worden bepaald.

m_1 wisselt af van 0,80 tot 0,85 en m_2 van 0,62 tot 0,83 naarmate de overlaatkruin lager boven den bodem ligt.

In het algemeen neemt men aan $\frac{2}{3} m_1 = 0{,}42$ en $m_2 = 0{,}62$, waarbij de formule meer in overeenstemming is met de waarden door proefnemingen van *Bazin* gevonden.

De formule geeft met deze coëfficiënten de zuiverste waarden in het geval de overlaathoogte p niet veel grooter is dan H en het verval H—h niet te klein is.

De snelheid van het aanstroomende water is bij overlaten in dunnen wand van grooteren invloed dan bij die met breede kruin.

De ingenieur *van Kooten* heeft de formule van *Du Buat* gewijzigd in

$$Q = l \left\{ \mu_1\, (H - h + \alpha\, k) + \mu_2\, h \right\} \sqrt{2g\,(H - h + \alpha\, k)}$$

waarin $\mu_1 = 0{,}43$ en μ_2 volgens bijgaanden staat, in verband met de waarde van α, welke in overeenstemming met de proefnemingen van Bazin is gekozen:

$\frac{h}{H}$ =	0,05	0,10	0,20	0,30	0,30	0.50	0,60	0,70	0,80	0,90	
μ_2 =	0,31	0,39	0,48	0,54	0,57	0,59					waarbij $\alpha = 2{,}00$
						0,57	0,59	0,61	0,64	0,69	„ „ = 2,30

De formule kan gelden voor alle overlaten in dunnen wand, waarbij geen zijdelingsche contractie plaats heeft.

Bazin heeft uit zijn proefnemingen, welke afwijkende waarden van de formule van *Du Buat* gaven, de volgende formule afgeleid:

$$Q = 1{,}05 \left\{ 1 + 0{,}20\, \frac{h}{p} \right\} \sqrt[3]{\frac{H-h}{H}} \times m^1\, l\, H \sqrt{2gH}$$

waarin dan voor de contractie m^1 te stellen is

$$m^1 = \left(0{,}405 + \frac{0{,}003}{H} \right) \left\{ 1 + 0{,}55 \left(\frac{H}{H + p} \right)^2 \right\}$$

Deze formule voor dunnen drempel geldt slechts onvolkomen voor dikken drempel, waarvoor de waarnemingen van *Bazin* nog geen practische formule gaven.

Afvoer door sluizen.

De afvoer door een sluisopening met dikke wanden, zooals bij spuisluizen, kan worden berekend uit de formule der overlaten

$$Q = m\, b\, H \sqrt{2gh}$$

waarin b de breedte, H de werkzame hoogte van de opening en h het verval.

Is bij een spuisluis H_1 de waterdiepte bovenstrooms boven den drempel, dan is theoretisch het verval $h = \frac{1}{3} H_1$ en $H = \frac{2}{3} H_1$ en dus

$$Q = 0{,}385\, mbH_1 \sqrt{2gH_1}$$

Stroomt het water met een snelheid v uit het bovenkanaal naar de sluis toe, dan wordt deze formule

$$Q = 0{,}385 \text{ mb} \left(H_1 + \frac{v_0^2}{2b} \right) \sqrt{2g \left(H_1 + \frac{v_0^2}{2g} \right)}$$

Arbeidsverlies bij plotselinge verwijding of vernauwing van buizen.

Is de snelheid in de oorspronkelijke buis u_0 en in de zich verwijdende buis u (fig. 17) dan is het drukhoogteverlies h door de botsing theoretisch

$$h = \frac{(u_0 - u)^2}{2\,g}$$

en volgens *Borda* proefondervindelijk:

$$h = \frac{(u_0 - u)^2}{2g} + {}^1/_9 \frac{u^2}{2g} = \frac{u^2}{2g} \left\{ \left(\frac{\omega_0}{\omega} - 1 \right)^2 + {}^1/_9 \right\}$$

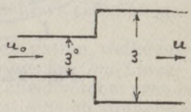


Fig. 17.

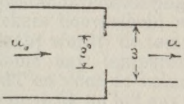


Fig. 18.

Bij een plotselinge verwijding van de buis volgens fig. 18 is

$$h = \frac{u^2}{2g} \left\{ \left(\frac{\omega}{m\,\omega_0} - 1 \right)^2 + {}^1/_9 \right\}$$

waarin m de contractie van den straal bij overgang in de volgende buis.

En volgens fig. 19:

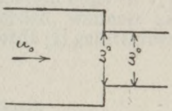


Fig. 19.

$$h = \frac{u^2}{2\,g} \left\{ \left(\frac{1}{m} - 1 \right)^2 + {}^1/_9 \right\}$$

waarin m = 0,62 genomen

h ongeveer $^1/_2 \dfrac{u^2}{2g}$ geeft.

Hieruit volgt omgekeerd voor het totale drukverlies:

$$H = \frac{U^2}{2g} = h + \frac{u^2}{2g} = 1{,}5 \frac{u^2}{2g}$$

of

$$u = 0{,}82 \sqrt{2g\,H}\,.$$

dus een bevestiging van bldz. 398 2e regel van boven.

Verliezen in kniestukken en bochten.

Van *kniestukken* (fig. 20) is het drukhoogteverlies volgens *Weisbach:*

$$h = \zeta \frac{u^2}{2g}$$

waarin $\zeta = 0{,}9457 \sin^2 \dfrac{\delta}{2} + 2{,}047 \sin^4 \dfrac{\delta}{2}$

of bij $\delta = 90°$:

$$h = 0{,}985 \frac{u^2}{2g}$$

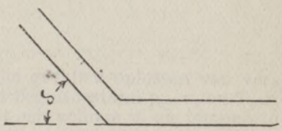


Fig. 20.

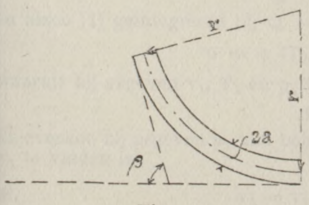


Fig. 21.

In *bochten* (fig. 21) is het drukhoogteverlies volgens *Weisbach:*

$$h = \zeta \frac{\beta}{90} \frac{u^2}{2g}$$

waarin voor middellijn 2a der buis

$$\zeta = 0{,}131 + 0{,}163 \left(\frac{2a}{r} \right)^{7/2}$$

of voor r = 5a en β = 90°:

$$\zeta = 0{,}138 \frac{u^2}{2g} \text{ of ongeveer } {}^1/_7 \frac{u^2}{2g}$$

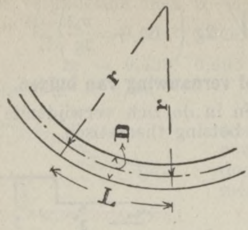


Fig. 22.

en volgens *Flamant:* (fig. 22)

$$h = 0{,}096 \frac{u^2}{2g} \frac{L}{r} \sqrt{\frac{D}{r}}$$

of ongeveer $^1/_{10} \frac{u^2}{2g}$.

Aerodynamica.

Kan men bij de beweging van vloeistoffen het effect der veranderingen in temperatuur verwaarloozen, anders is het, wanneer men met elastische vloeistoffen (gassen) te maken heeft.

Beschouwt men de beweging van permanente gassen d.z. die gassen, welke nog ver van een vloeistofvorming afliggen en waarbij de wet van *Mariotte* en *Gay-Lussac* (zie bldz. 427) toepasselijk is, alzoo volmaakte gassen (in werkelijkheid voldoet geen enkel gas daaraan), dan heeft men daarbij dus gevallen van adiabatische en isothermische toestandsverandering (zie bldz. 428) In het algemeen zal, wanneer aan een gas een zekere hoeveelheid warmte wordt toegevoegd (welke in het begin klein = dQ gedacht wordt) de temperatuur met dT toenemen en het volume met dv. Voor de toename aan temperatuur is noodig een daarmede evenredige warmtehoeveelheid cdT en voor de volumeverandering een daarmede evenredige arbeid A p dv, wanneer p de druk op het gas voorstelt, alzoo is

$$dQ = c\,dT + A\,p\,dv \qquad (1)$$

Heeft men nu een gas, waarvan volume en temperatuur veranderen, maar de druk constant blijft en v_0 en T_0 de begintoestand aangeven, terwijl deze grootheden v_1 en T_1 worden, wanneer aan het gas een zekere hoeveelheid warmte is toegevoegd, dan wordt (1) geïntegreerd

$$Q = c\,(T_1 - T_0) + A\,p\,(v_1 - v_0) \qquad (2)$$

waarin $A = \frac{1}{427}$

Daar tusschen v_0, v_1, T_0, T_1 en p de betrekkingen bestaan

$pv_0 = RT_0$ en $pv_1 = RT_1$ (wet van *Mariotte* en *Gay-Lussac*)

wordt (2) ook

$$Q = (T_1 - T_0)\,(c + AR)$$

of daar $\frac{R}{C}$ voor alle gassen gelijk is, zoodat $c + AR = c\left(1 + A\frac{R}{c}\right)$

of $c + AR = c\,k$ waarbij k ongeveer 1,41

wordt (2) ook

$$Q = (T_1 - T_0)\,c\,k \qquad (3)$$

Met de algemeene vergelijking (1) kan men nu alle gevallen oplossen van veranderingen, welke het gas ondergaat. Zet het gas met begintoestand p_0, v_0 en T_0 zich b.v. uit bij een constanten druk p_1 kleiner dan p_0 tot een volume v_1 en temperatuur T_1 zonder winst of verlies van gas, dan wordt de uitwendige arbeid bij p_1 constant eenvoudig

$$\int_{v_0}^{v_1} p_1\,dv = p_1\,(v_1 - v_0)$$

en alzoo (1) geïntegreerd bij $Q = o$:

$$o = c\,(T_1 - T_0) + A\,p_1\,(v_1 - v_0)$$

waaruit bij gegeven v_1, T_1 en p_1 te vinden zijn met behulp van

$$p_1\,v_1 = RT$$

en evenzoo bij gegeven p_1 met behulp van $p_0\,v_0 = RT_0$ en $p_1\,v_1 = RT_1$ het volume v_1 te vinden is

nl. $$v_1 = v_0\,\frac{p_0 + (k-1)\,p_1}{p_1 + (k-1)\,p_1}$$

Strooming door een reservoiropening.

Heeft men een met gas gevuld reservoir onder constant gehouden druk p_0, waaruit het door een opening of leiding stroomt, waarbij het gas een constanten druk p_1 te overwinnen heeft, dan zal het eenheidsgewicht van het gas, dat in het reservoir een volume v_0 had, in de leiding een volume v_1 innemen en de verrichte arbeid zijn $p_0v_0 - p_1v_1$ terwijl het inwendig door de volumeverandering een arbeid verricht heeft van $\int_{v_0}^{v_1} p\,dv$ of totaal

$$p_0v_0 - p_1v_1 + \int_{v_0}^{v_1} p\,dv$$

welke arbeid gelijk is aan de vermeerdering in levende kracht $^1/_2\ mU^2$ of voor de massa $1/g$ van het eenheidsgewicht

$$p_0v_0 - p_1v_1 + \int_{v_0}^{v_1} p\,dv = {}^1/_2 \frac{U^2}{g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

waarin U de snelheid van het gas bij uitstrooming.

In verband met de algemeene vergelijking (1) en de wet van *Mariotte* en *Gay-Lussac* heeft men dan ook

$$\frac{U^2}{2g} = \frac{1}{A}\left\{Q - k\,c\,(T_1 - T_0)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

waarin T_1 en T_0 de temperaturen van het gas buiten en binnen het reservoir.

Wordt geen warmte toegevoegd of ontnomen, dan wordt $Q = o$ en gaat de vergelijking over in

$$\frac{U^2}{2g} = \frac{kc}{A}(T_0 - T_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

In de gewone gevallen heeft men adiabatische toestandsverandering van het gas of $\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ zoodat afkoeling plaats vindt en (6) overgaat in

$$U = \sqrt{2g\frac{kc}{A}T_0\left\{1 - \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right\}}$$

In werkelijkheid is de uitstroomingssnelheid tengevolge van wrijvingen bij de opening kleiner dan de berekende: bij opening in dunne wanden ongeveer 0,98 en bij aanzetstukken tot 0,80 van de berekende snelheid,

Strooming door buizen.

De beweging van gassen door lange leidingen kan men ook alleen nauwkeurig berekenen, wanneer alle thermische voorwaarden der strooming bekend zijn. In vele gevallen, zooals bij leidingen voor lichtgas, enz. kan men met voldoende nauwkeurigheid onderstellen, dat de temperatuur van het gas constant blijft. Hierbij moet dus gedacht worden , dat wisselingen in warmte tusschen de wanden en het gas plaats vinden, want elke isothermische verandering gaat met winst of verlies van warmte gepaard.

Men heeft voor die gevallen bij de strooming van het gas als permanent beschouwd dezelfde bewegingsvergelijking als bij de elastische taaie vloeistoffen met permanente beweging (bldz. 375) alzoo

$$U\,dU + k\frac{dp}{p} + g\,dz + \frac{\chi}{\omega}\,\frac{f(U)}{\rho}ds = o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin dan, daar men geen ideale vloeistof heeft $\frac{f(U)}{\rho}$ de wrijving weergeeft bij doorstrooming.

Daar de beweging permanent is gedacht, moet het gewicht van het door alle doorsneden der leiding gevoerde gas constant zijn of

$$\rho \, g \, \omega \, U = \text{constant}$$

of bij ω constant

$$\rho \, g \, U = \text{constant}$$

of ook $\rho \, U = \text{constant}$

en omdat de temperatuur overal gelijkblijvend is ondersteld, wordt

$$\frac{p}{\rho} = k \text{ constant}$$

alzoo ook $pU = k^1 \text{ constant.}$

zoodat $U = \frac{k^1}{p}$ of $dU = -\frac{k^1 \, dp}{p^2}$

Deze waarde in de algemeene formule gesubstitueerd geeft

$$\frac{k^{12} dp}{p} = p^2 g \, dz + k^1 p \, dp + \frac{\varkappa}{\omega} p^2 \frac{f(U)}{\rho} ds$$

of geïntegreerd van o tot h en van p_0 tot p_1

$$k^{1^2} \lg \frac{p_1}{p_0} = \int_0^h p^2 g \, dz + \frac{k^1}{2} (p_1^2 - p_0^2) + \frac{\varkappa}{\omega} p^2 \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds$$

waarin h alzoo het piëzometrisch niveauverschil over de lengte L voorstelt en p_0 en p_1 de drukkingen van het gas bij het begin en eind der leiding.

Daar men de drukverandering met de lengte en de hoogte der leiding niet weet en $\frac{f(U)}{\rho} p$ ook niet bekend is, is de vergelijking niet verder te integreeren, zonder eenige aanname te maken of te vereenvoudigen.

Voor vele toepassingen zijn de drukkingen p_0 en p_1 weinig verschillend, alzoo is de verhouding $\frac{p_1}{p_0}$ ongeveer $= 1$ dus de logarithme klein en ten opzichte der andere termen te verwaarloozen, terwijl de drukverandering met de hoogte en lengte der leiding daarbij te verwaarloozen is en men daarbij voor p de gemiddelde waarde $\frac{p_0 + p_1}{2}$ kan aannemen, zoodat de formule wordt

$$o = \left(\frac{p_0 + p_1}{2}\right)^2 h + \frac{k^1}{2} (p^2_1 - p_0^2) + \frac{\varkappa}{\omega} \left(\frac{p_0 + p_1}{2}\right)^2 \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds$$

of

$$o = h + 2 k^1 \frac{p_1 - p_0}{p_1 + p_0} + \frac{\varkappa}{\omega} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds$$

of

$$\frac{\varkappa}{\omega} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds = 2 k^1 \frac{p_0 - p_1}{p_0 + p_1} - h$$

Stelt men hierin $\frac{p_0 + p_1}{2 k}$ gelijk aan het gemiddeld soortelijk gewicht Π van het gas dan wordt de formule

$$\frac{\varkappa}{\omega} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds = \frac{p_0 - p_1}{\Pi} - h$$

of

$$p_0 - p_1 = \Pi \frac{\varkappa}{\omega} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds + h \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

Liggen de leidingeinden op gelijke hoogte, dan wordt het drukverlies per lengte-eenheid $J = \frac{p_0 - p_1}{L}$, alzoo

$$J = \frac{\Pi}{L} \times \frac{\varkappa}{\omega} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds$$

Voor ronde buisleidingen, waarbij $\frac{\varkappa}{\omega} = \frac{4}{D}$ waarin D de buismiddellijn, wordt dus

$$J = \frac{\pi}{L} \times \frac{4}{D} \int_0^L \frac{f(U)}{\rho} ds \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Wat nu de waarde $\frac{f(U)}{\rho}$ aangaat, bij geringe snelheid van het gas, waarbij de deelen zich meer gelijkmatig bewegen, is de weerstand evenredig met de gemiddelde snelheid, bij overschrijding van een zekere *kritische* snelheid treden wervelbewegingen op en is de door den weerstand verteerde drukhoogte ongeveer evenredig met het kwadraat der gemiddelde snelheid. Men kan algemeen de eerste aanname bij lucht met zekerheid maken, wanneer de luchtsnelheid ongeveer 6 maal zoo klein is als de kritische snelheid. Bij overschrijding van deze grens krijgt men een minder stabielen toestand, zoodat een nauwkeurige berekening niet mogelijk en het tweede geval aan te nemen is. In dit geval treedt eerst een regelmatige beweging in bij een zg. bovenste grenssnelheid, welke dus boven de kritische grenssnelheid gelegen is.

Strooming door buizen bij geringen druk.

Voor kleine luchtsnelheden kan voor buisleidingen de formule van *Poiseuille* worden toegepast:

$$p_0 - p_1 = \eta \frac{320\, LU}{D^2} \text{ of } J = \eta\, 320 \frac{U}{D^2}$$

waarin $p_0 - p_1$ in KGM of mM waterhoogte, of $(p_0 - p_1)$ 1000 Π in M luchtkolom
en η een zg. taaiheidscoëfficiënt in gramsecunden per cM^2, welke bij toenemende temperatuur grooter wordt en omgekeerd evenredig is aan den absoluten druk.

Lucien Monnier leidde voor lichtgasleidingen uit theoretische beschouwing de volgende formule af

$$J = 2729 \sqrt{\Pi \frac{Q^{\cdot}}{D^3}}$$

waarin J het drukverlies per Meter buis in mM waterhoogte,
Q het afgevoerde volume in M^3 per uur,
D middellijn buis in mM
Π het s. gew. van het gas bij dat van lucht = 1 genomen ($\pm$ 0,40)

De formule geldt behalve voor kleine snelheden ook voor kleine middellijnen.

In Duitschland bezigt men voor gasleidingen veel de formule van *Pole*

$$J = 660\ m\ \Pi \frac{Q^2}{D^5}$$

waarin J in mM waterhoogte het drukverlies per M^1
m een wrijvingscoëfficiënt gelijk 0,0105 voor buizen beneden 80 mM en normalen druk
0,003 voor grootere buizen
Q de uitvloeihoeveelheid in M^3 per uur,
Π het s. g. van het gas ($\pm$ 0,40)
D de middellijn der buis in cM.

Neemt men Π op 0,40 aan en de buismiddellijn in mM, dan worden de beide formules

Monnier: $J = 0{,}001350 \frac{U}{D}$

Pole (bij m = 0,003) $J = 0{,}000\,495 \frac{U}{D}$

„ (bij m = 0,0105) $J = 0{,}001\,732\,5 \frac{U}{D}$

waarin U in M per uur.

Gemiddeld zou men dus kunnen aannemen

$$J = 0{,}0015 \frac{U}{D}$$

Strooming door buizen bij hoogen druk.

Bij hooge drukverschillen kunnen, zooals opgemerkt, niet de vereenvoudigingen in de formule worden toegepast en zal men omtrent de weerstanden een andere aanname moeten doen. Behalve dat de weerstand in de buisleiding in dit geval eerder evenredig met het kwadraat van de snelheid moet worden aangenomen, is ook uit proefnemingen gebleken, dat de weerstand veel kleiner is dan bij lagen druk gevonden.

Neemt men voor f(U) de waarde bU^2 aan, dan geven verschillende onderzoekers voor b de waarde

$$b = \alpha + \frac{\beta}{D}$$

waarin dan *Unwin* voor gecomprimeerde lucht stelt

$$\alpha = 0{,}000\,137\,7$$
$$\beta = 0{,}000\,012\,59$$

terwijl *Stockalper* naar zijn onderzoekingen bij de werken van den Gothardtunnel tot de conclusie komt, dat voor α en β dezelfde waarden als voor water kunnen worden aangenomen.

Lorenz geeft aan b de waarde

$$b = \frac{1}{D^{0{,}30933}}$$

terwijl *R. Biel* (Zeitschr. d. V.d. Ing. 1908 bldz. 1035) voor luchtsnelheden boven de grenssnelheid (bldz. 406) de formule geeft

$$J = \frac{U^2}{250\,D}\left(0{,}12 + \frac{2\,f}{\sqrt{D}} + \frac{U^2}{\sqrt{D}}\,b^1\,\frac{\eta^1}{\Pi}\right)$$

waarin J het drukverlies per M in M luchtkolom $\left(= \frac{J}{1000\,\Pi} \text{ in mM waterhoogte}\right)$

U de snelheid in M/sec.
D de buismiddellijn in M,
f een ruwheidsfactor,
b een taaiheidsfactor
η^1 de absolute taaiheidscoëfficiënt $= 981\,\eta$ en welke bedraagt voor lucht van verschillende temperatuur en 735 mM barometerstand:

Temperatuur gr. Celsius	η^1
0	0,000 171 4
5	0,000 173
10	0,000 176
20	0,000 181
30	0,000 186
100	0,000 211 3
1200	0,000 548 1

terwijl voor f en b bij verschillenden ruwheidsgraad en gemiddelde temperatuur van 20° C als volgt kunnen worden aangenomen:

blank getrokken buizen	f = 0,0064 b = 0,95
plaatbuizen of smeedijzeren gasbuizen	f = 0,018 b = 0,71
gegoten ijzeren buizen, gladde cement-, hout- of betonwanden	f = 0,036 b = 0,46
gewone beton-, gevoegde gladde wanden van metselwerk, ruwe planken wanden	f = 0,054 b = 0,27
gehouwen breuksteen en gewone baksteenwanden	f = 0,072 b = 0,27

Wrijving en Weerstand.

Litteratuur.

Trekkracht bij wagens met verschillende banden. De Natuur 1898, bldz. 318.
Wrijvingscoëfficiënten van keien. Klei 1914, bldz. 107.
F. J. Vaes. Graphostatica, Deel IV Wrijving f 2.10.
A. Vosmaer. Wrijving en kogellagers. De Ingenieur 1919, bldz. 255.
Ubbelohde. Zur Theorie der Reibung geschmierter Maschinenteile.

Slepende wrijving.

De *wrijving* is volgens de wetten van *Coulomb* recht evenredig aan den normalen druk, die twee wrijvende oppervlakken op elkaar uitoefenen, en onafhankelijk van de grootte dier oppervlakken en de snelheid van beweging. Dit is evenwel niet juist, daar de druk in den regel afhankelijk is van de grootte der aanrakingsoppervlakken. Direct geeft een groot oppervlak meer wrijving en indirect geeft het meer wrijving, omdat er meer kans is op oneffenheden van het oppervlak. Men houde daarom den druk per eenheid van oppervlak zoo groot en het oppervlak zoo klein mogelijk. De aard van het oppervlak en bepaaldelijk de ruwheid daarvan is ook van grooten invloed. De soort van het oppervlak d. w. z. het materiaal, hoewel bij droge wrijving wel van invloed, is van minder beteekenis. Verder is de temperatuur van invloed, hoewel voor droge oppervlakken en bij normale temperatuursveranderingen gering; bij sterke temperatuursverhooging neemt de wrijving echter snel toe. De invloed der snelheid is bij droge oppervlakken gering.

Bij *natte oppervlakken* en daaronder worden hoofdzakelijk verstaan oppervlakken met olie of vet ingesmeerd, is de druk afhankelijk van de cohesie van de olie en kan alleen vergroot worden door de absolute vastheid van de olie door kunstmiddelen te vergrooten.

Ook hier is de grootte der wrijving afhankelijk van den eenheidsdruk. De invloed van het oppervlak is hier veel grooter, daar deze de vasthouding van de olie bepaalt. De soort van oppervlak is bij gesmeerde metalen nagenoeg van geen beteekenis, niettegenstaande men zich aan groote verscheidenheid houdt; het voordeel van het eene kussenmetaal boven het andere zit dan ook meer in den minderen last, dien het geeft. De invloed der temperatuur is veel grooter en werkt op het smeermiddel, waarvan de viscositeit bij hooger temperatuur afneemt. De snelheid werkt bij gesmeerde oppervlakken op andere wijze; is de invloed aanvankelijk gering,bij zekere critische snelheid, waarbij de olie haar samenhang verliest, is de wrijving ineens zeer groot. De soort van smering bepaalt in dit geval dus de grootte der wrijving.

Volgens de nieuwe onderzoekingen van *Bochet* neemt de wrijving bij toenemende snelheid langzaam af en verandert zij een weinig met de specifieke drukking, d. i. de drukking per vlakte-eenheid. De wrijving der rust is grooter dan die der beweging, doch het verschil wordt kleiner, hoe harder de oppervlakken zijn. De draaiende wrijving b.v. om een spil of pen, is kleiner dan de glijdende en grooter dan de rollende.

Is N de normale druk van een lichaam tegen zijn steunvlak, dan is een kracht μ N noodig om den weerstand te overwinnen, die tegen de beweging van het lichaam gesteld wordt. De coëfficiënt μ heet *wrijvingscoëfficiënt* en is gelijk aan de tangens van den *wrijvingshoek* μ welken de resultante van den normalen druk N en de kracht μ N met de normaal op het aanrakingsvlak maakt.

De tabel op bldz. 409 geeft de wrijvingscoëfficiënten voor verschillende materialen.

Volgens *Rennie* zijn de coëfficiënten voor weinig ingevette oppervlakken:

Bij	Bij vlaktedruk van	μ
Welijzer op welijzer	8,79 tot 36,77 KG/cM²	0,14 tot 0,409
Gietijzer op gietijzer	8,79 „ 49,92 KG/cM²	0,174 „ 0,434
Staal op gietijzer	8,79 „ 47,25 KG/cM²	0,166 „ 0,403
Messing op gietijzer	8,79 „ 57,65 KG/cM²	0,157 „ 0,273

Boven dezen vlaktedruk werden de oppervlakken aangetast.

Wrijvingscoëfficiënten op verschillende vlakken.

Wrijvingscoëfficiënten van beton over verschillenden grond volgens proefnemingen te Semarang ten behoeve van kadebouw met 10 cM dikke betonplaat 1 M in het vierkant bij wisselenden belastingstoestand:

	Wrijvingscoëfficiënt bij begin van beweging
beton op zeezand met bovenkant gelijk aan den waterstand.	0,68
idem op zeezand onder water	0,74
idem op vette blauwe klei (met weinig zeezand in den droge .	0,74
idem op vette blauwe klei onder water	0,35
Idem van verschillende materiaalsoorten op elkaar:	
zand op zand	0,73
natte klei op natte klei	0,50
grint op grint	0,70
nat zand op een zandplaat even onder water	0.50
koraalsteen op koraalsteen	1.20

Wrijvingscoëfficiënten voor matigen druk (0.96 tot 1.37 KG/cM²) op verschillende vlakken, volgens Morin.

WRIJVENDE LICHAMEN	Ligging der vezels *)	Coëfficiënt der glijdende wrijving μ				Wrijvingscoëfficiënt bij rust μ_0			
		Droog	Eenigszins vet	Gesmeerd	Met water	Droog	Eenigszins vet	Gesmeerd	Met water
Brons op brons	.	0,20	.	.	.	.	.	.	.
„ „ gegoten ijzer . .	.	0,21	.	.	.	.	.	.	.
„ „ welijzer	.	.	0,16	.	.	.	.	.	.
Geg. ijzer op geg. ijzer of brons	.	.	0,15	.	0,31	.	0.16	.	.
Welijzer op geg. ijzer of brons	.	0.18	.	.	.	0,19	.	.	.
Staal op staal	.	.	.	.	.	0,15	.	.	.
Welijzer op welijzer . .	.	0,44	.	.	.	.	0,13	.	.
Geg. ijzer op eikenhout . .	=	0,49	0,19 (droge zeep)	.	0,22	.	.	.	0,65
Welijzer „ „ . .	=	.	.	0,08 (talk)	0,26	.	.	0,11 (talk)	0,65
Messing „ „ . .	=	.	.	.	.	0,62	.	.	.
	=	0,48	.	0,16 (zeep)	.	0,62	.	0,44	(droge zeep)
Eikenhout „ „ . .	+	0,34	.	.	0,25	0,54	.	.	0,71
	⊥	0,19	.	.	.	0,43	.	.	.
Rundleder „ „ . .	Leer vlak	.	.	.	.	0,61	.	.	.
	Leer o/d kant	0,33	.	.	0.29	0,43	.	.	0,79
Rundleder als zuigerbekleeding	vlak	0,56	0.23	0,15 (zeep)	0,36	.	.	0,12 (olie)	0,62 (zeep)
Lederen riemen op eikenhouten trommel	=	0.27	.	.	.	.	0,47	.	.
Id. op gegoten ijzer . . .	vlak	0,56	.	.	0,36	.	0,28	0,12	0,38
Henneptouw op ruw hout . .	.	.	.	.	.	0,50	.	.	.
„ „ glad „ , .	.	.	.	;	.	0,33	.	.	.
Eikenhout, wit beuken- en pokhout op gepolijst graniet of op gepolijste messing . .	= +	. .	. .	. .	. .	. .	. .	vlaktedruk 3.25 Kg cM²	0,53 0,49 Pok h. 0,40 .

*) = duidt aan, dat de beweging in de richting der vezels van beide lichamen, + dat deze loodrecht op de veze s van het glijdende lichaam geschiedt en ⊥ wil zeggen, dat kopshout zich in de langsrichting van het langshout beweegt.

WRIJVENDE LICHAMEN.	Ligging der vezels *)	Coëfficiënt der glijdende wrijving μ				Wrijvingscoëfficiënt bij rust μ_0			
		Droog	Eenigszins vet	Gesmeerd	Met water	Droog	Eenigszins vet	Gesmeerd	Met water
Steenen of tegels op tegels .	.	vlak bewerkt				0,53—0,73		droog	.
	.	met versche mortel				0,50—0,70		.	.
Steenen en grint op gewalst ijzer	.	.	.	.	.	0,42—0,49		.	.
„ „ „ „ hout .	.	.	.	.	.	0,46—0,60		.	.
Metselwerk op beton . . .	.	.	.	.	.	0,76	.	.	.
„ „ vasten grond		droog en hard			.	0,65	.	.	.
	.	gemiddeld			.	0,45	.	.	.
		nat en leemig			.	0,30	.	.	.
Staal op ijs	.	0,014	.	.	.	0,027	.	.	.

* Zie noot vorige blz.

Wrijving bij schuiven onder hoogen druk.

Proefnemingen in Amerika met spuischuiven in hooge reservoirdammen, welke met olie onder hoogen druk werden bewogen, gaven uiteenloopende waarden voor den wrijvingscoëfficiënt; de maximumwaarde overtrof de gemiddelde met 30 %. De glijdlijsten waren van brons. De gevonden maximumwaarden bij (bijna) gesloten schuiven gevonden, zijn:

Dam	Afmetingen der schuiven	Waterdruk in ft	Maximum wrijvingscoëff.
Pathfinder	4,42 × 7,50 ft	127	0,44
Arrowrock	5,00 × 5,00 ft	48,5—54,8	0,42
Elephanten Butte	3,92 × 5,00 ft	109,8	0,38

Tapwrijving.

Drukt een cilindrische as op een halfomsloten pan met de middellijn d en de lengte l met een kracht P, dan is de druk per eenheid van het geprojecteerde oppervlak of oliedruk:

$$p = \frac{P}{l\,d}$$

en de gemiddelde oppervlaktedruk 0,81 p.

De wrijvingsweerstand is voor nieuwe tappen $W = \frac{\pi}{2}\,\mu\,P = 1{,}57\,\mu\,P$

en voor ingeloopen tappen $W = 0{,}81 \times \frac{\pi}{2}\,\mu\,P = 1{,}27\,\mu\,P$

of in het algemeen $W = \mu_1\,P$, waarin μ_1 de *tapwrijvingscoëfficiënt*.

De tapwrijvingscoëfficiënt neemt tot zekere grens met de belasting af en met de omtrekssnelheid toe en is ook afhankelijk van den vorm van den tap, de smering en de temperatuur.

WRIJVENDE LICHAMEN · druk 2,5 à 10 KG/cM²	Gemiddelde tapwrijvingscoëfficiënt volgens *Morin* e. a. bij smering	
	van tijd tot tijd	geregeld
Staal op brons	0,08—0,10	0,06
Brons op brons	0,10	—
„ „ gegoten ijzer	0,09	0,045—0,052
Gegoten ijzer op brons	0,075	—
„ „ „ gegoten ijzer	0,075	0,054
„ „ „ pokhout	(0,10 met vet) 0,07	(0,28 met water) 0,09
Pokhout op pokhout	—	0,07
Welijzer op gegoten ijzer of brons . .	(0,25 eenigszins vet) 0,07	0,054 (volg. *Rühlmann* 0,02—0,03)
„ „ pokhout	(0,19 eenigszins vet) 0,11	—

Wrijving bij rollen.

Zuivere rolling bij ideaal hard materiaal geeft geen wrijving. Evenwel wordt plaatselijk een aanrakingsoppervlak gevormd en is tengevolge van den hoogen druk een permanente afplatting onvermijdelijk, wanneer de elasticiteitsgrens van het materiaal wordt overschreden en krijgt men tevens een tijdelijke elastische afplatting.

Vermindering van de wrijving door rolling vindt men bij de toepassing van rol- en kogellagers. Hierbij zal druk en kogeldiameter bij elkaar passend moeten zijn, daar de arbeid voor het opheffen uit een indeuk grooter is, naar gelang de pijl der indeuk grooter is en deze is bij kleinere kogels grooter. Bij een kogellager heeft men geen grootere wrijving bij rust zooals bij sleepende wrijving. Daar van een aanrakingsoppervlak bijna geen sprake is, is de invloed van de grootte van het oppervlak zeer gering, ook die van den aard en van de soort. Ook de temperatuursinvloed is niet aanwezig. De invloed van de snelheid is daarentegen groot tengevolge van de onvolkomenheid der omzetting in energie, waarbij veel warmte ontstaat. Daarom moet er een nauw verband zijn tusschen snelheid en toe te laten werkdruk, waardoor de warmteproductie tusschen bepaalde grenzen blijft. De invloed van de smering is theoretisch nihil, daar er theoretisch geen smeermiddel tusschen kogel en loopvlak aanwezig kan zijn; evenwel bestaat practisch toch eenige sleepende wrijving en dient men het lager toch te smeren. De soort van smering is dus ook van geen of geringen invloed.

Wrijvingshoeken.

Wrijvingshoeken van materialen, welke bij berekening van bouwkundige werken kunnen worden aangenomen. Voor los materiaal komen deze overeen met den natuurlijken hellingshoek van het materiaal.

Vaste grondsoorten	± 35°
Losse ,,	± 30°
Vochtige klei- en leemgrond	± 18°
Droge klei-en leemgrond	± 45°
Goede tuinaarde	± 37°
Droge, magere aarde	± 40°
Droog zand	32°
Kiezel	54°
Zand met grove grint	45°
Natte veengrond	10°
Steen op droge klei	27°
,, ,, vochtige klei	19°
,, ,, gezaagd, ongeschaafd hout	40°
Gladde kalksteen op kalksteen	30°
Harde ,, ,, ,,	38°
Idem met tusschenlaag van metselspecie	35°
Bewerkte graniet op bewerkte graniet	33°
Idem met tusschenlaag van mortel	25°
Bewerkte zandsteen op zandsteen	35°
Idem met tusschenlaag van mortel	33°
Gebakken steen op zachten kalksteen	33°, 30′
,, ,, ,, harden ,,	34°
Tarwe, boonen, erwten en maïs los geschud	35°
Haver en gerst	40 tot 45°
Rogge	37°

Bij vaste stapeling zijn zij veel grooter.

Volgens proeven van *Pleiszner* was de wrijvingshoek bij vaste stapeling in een silo voor het materiaal zelf

bij tarwe voor 2.7 M hoogte	31°, 40′
,, ,, ,, 5.4 ,, ,,	32°, 40′
,, ,, ,, 8.1 ,, ,,	33°

en aan den celwand respectievelijk 28° 20′, 28° 20′ en 27°. Bij het bewegend materiaal bij geopenden afvoer is de hoek op 25° te stellen.

Gezamenlijke weerstand van voertuigen.

Weerstand van gewone voertuigen.

De totale weerstand bij voertuigen bestaat uit de volgende factoren:

1. *De geijdingswrijving van de aseinden in de naven.*

Deze is te stellen op:

$$W_f = \varphi \frac{F}{D} P$$

waarin F = middellijn van het aseinde,
D = buitenmiddellijn van het wiel,
p = belasting in tonnen door de aseinden gedragen,
φ = coëfficiënt uitgedrukt in KG en veranderlijk met de methode van smering en den aard der wrijvende oppervlakken.

2. *De wrijving tengevolge van de translatie over den weg.*

$$W_r = (f \pm i) \frac{P}{D}$$

waarin i = helling van den weg in duizendste deelen,
P = totaal gewicht van het voertuig in tonnen,
f = coëfficiënt in KG uitgedrukt, afhankelijk van de hoedanigheid van den weg en de breedte der velgen, en welke coëfficiënt gevormd wordt uit de volgende factoren:

a. de kracht noodig om de oneffenheden (ruwheden) van den weg te overwinnen, welke kracht kan worden uitgedrukt door:

$$P \sqrt{\frac{h}{D}}$$

waarin h = hoogte der hobbels, zoodat de wrijving over een lengte l met n hobbels zal zijn

$$W_{r'} = \frac{n\,P}{l} \sqrt{\frac{h}{D}}$$

b. de kracht, die moet uitgeoefend worden tengevolge van de kuilen of golvingen, waarover het voertuig zich beweegt en welke volgens *Dupuit* kan worden uitgedrukt door

$$\theta_1 = \theta \sqrt{\frac{1}{1 \pm \frac{D}{D_1}}} \quad \left(\begin{array}{l} + \text{ voor de convexe golven} \\ \text{en } - \text{ ,, ,, concave ,,} \end{array}\right)$$

waarin θ de trekkracht op de vlakke baan
en $D_1 = 2 \times$ de kromtestraal der golvingen.

c. de kracht benoodigd tengevolge van de deformatie van den ondergrond en de gleuf voortgebracht door de belasting der wielen, welke kracht volgens *Coriolis* is uit te drukken door:

$$W_{r''} = {}^3/_8 \sqrt[3]{\frac{12}{mb} \frac{P_4}{D_2}}$$

waarin m een getallencoëfficiënt, veranderlijk met de duurzaamheid van de gleuf,
en b = breedte der velgen.

d. de kracht, welke tengevolge van het maken van bochten moet worden aangewend.

3. *Verliezen aan levende kracht tengevolge van de vibraties van het voertuig.*

Zij zijn een functie van de snelheid, buigzaamheid der veeren en elasticiteit der vibreerende deelen van het rijtuig. Deze coëfficiënt varieert van 15—25 KG per ton gewicht van goede droge tot doornatte macadamwegen.

4. *De weerstand der lucht.*

$$W_l = k\,s\,v^2$$

waarin s = oppervlakte van de projectie van het voertuig loodrecht op de verplaatsingsrichting.
v = snelheid in Meter per secunde.
k = getallencoëfficiënt varieerende van 0,02 tot 0,03.

Weerstand van spoortreinen.

Deze kan onderscheiden worden in dien voor locomotief met tender (w_1), voor de wagens (w) en voor het geheel w_0. Verder onderscheidt men den weerstand in recht spoor op vlakke baan, bij stijging (w_s) en in een bocht (w_r).

Afgezien van bijzondere invloeden als sterken wind, sneeuw, enz. is bij een snelheid van V KM per uur, de weerstand uitgedrukt in KG per 1000 KG belasting:

$$w_0 = 2,4 + \frac{V^2}{1300} \qquad w_1 = 2,5 + 0,067 \left(\frac{V^2}{10}\right)$$

$$w = 2,5 + b \left(\frac{V}{10}\right)^2,$$

waarbij b afhankelijk is van de constructie der wagens en verandert van $^1/_{40}$ voor vierassige personenwagens tot $^1/_7$ voor leege kolenwagens van goederentreinen.

$w_s = \pm$ s, als s de helling in duizendsten is en

$$w_r = \frac{650}{R - 55}$$

Voor smalspoor gelden de volgende gegevens, waarbij a = 3 voor zware goederen- en = 2 voor personentreinen.

Spoorwijdte in mM	w in KG per ton	w_1 in KG per ton	w_r in KG per ton
1000	$2,6 + 0,0003\ V^2$	$2,7\sqrt{a} + 0,0015\ V^2$	$\frac{400}{R - 20}$
750	$2,7 + 0,0002\ V^2$	$2,8\sqrt{a} + 0,001\ V^2$	$\frac{350}{R - 10}$
600	$2,8 + 0,0002\ V^2$	$2,9\sqrt{a} + 0,0008\ V^2$	$\frac{200}{R - 5}$

Benoodigde trekkracht voor wagens, treinen, enz.

Wagens door lastdieren getrokken.

De trekkracht T voor de beweging van een wagen van gewicht G op een horizontaal vlak is T = fG, waarin f uit de volgende tabel. De trekkracht op een hellende straat met hellingshoek α of van n%(n op 100) is:

$$T = f\,G + (G + g)\,tg\,\alpha = f\,G + \frac{n}{100}\,(G + g),$$

waarin G = gewicht wagen,
g = gewicht lastdier.

Bij een helling van ongeveer 30° houdt de trekkracht voor lastdieren op.

Breede vellingen maken vooral op zachte wegen minder trekkracht noodig dan smalle vellingen. Een wagen met totaal gewicht van 1400 KG had op de landbouwtentoonstelling te Deventer 1909 bij een velgbreedte van 5 cM op een aangelegden zandweg een trekkracht noodig van ruim 120 KG (f = 0,085) en dezelfde bij een velgbreedte van 10 cM ongeveer 110 KG (f = 0,08). De onderzoekingen van het Landbouwproefstation te Missouri (N.-A.) gaven bij een gewicht van wagen en lading van 1575 KG tot resultaat:

Aard van den weg	Trekweerstand in KG bij velgbreedte van	
	3,75 cM	15 cM
Weeke weide	171	92
idem	248	113
idem	126	67
Ongeploegd bouwland	248	144
Aarden droge baan	50	41
Macadam, hard, gelijk,	40	34

Onderzoekingen hebben uitgemaakt, dat de beste breedte voor diverse lasten gegeven wordt door de volgende tabel:

gewicht	wielbreedte in mM.
900 kg.	50,8
1575 „	63,5
2000 „	76,2
3000 „	101,6
3500 „	127.0

Totale wrijvingscoëfficiënt f voor voertuigen met ijzeren wielbanden op

Tramrails	0,006—0,008
Goede asphaltbestrating	0,010
„ keibestrating	0,015—0,020
„ Macadamweg	0,016—0,023
„ houtbestrating	0,018
„ grintverharding	0,023
Slechte „	0,035—0,050
Aarden wegen	0,045—0,15
Los zand	0,15 —0,30
Ruwe planken	0,01
Gummibanden op asphalt bij 25 KM/u.	0,021—0,031

Treinen door locomotieven bewogen (zie ook bldz. 412).

Is L het gewicht van de locomotief zonder tender in tonnen
en T „ „ „ „ wagens met „ „ „
dan is de benoodigde trekkracht op horizontaal spoor

$$Z = w_h (L + T) \text{ in KG}$$

In hellingen met bogen wordt deze kracht

$$Z = (w_h \pm w_s + w_r)(L + T)$$

waarin w_h de weerstandscoëfficiënt op horizontaal spoor
w_s „ „ „ bij stijging
w_z „ „ „ in bogen.

Om den trein te kunnen bewegen moet de wrijving van de drijfwielen op de rails minstens gelijk zijn aan Z. Is L_1 het gewicht op de drijfassen, dan moet dus

$$Z < f\, L_1$$

waarin f de adhaesiecoëfficiënt ($= 1/7$ of $1/10$ in tunnels of bij vochtige rails), zoodat L_1 minstens $\frac{Z}{143}$ in tonnen.

De *nuttige arbeid* van een locomotief per secunde is dus bij een snelheid van V KM per uur

$$\frac{Z \times V}{3.6 \times 75} \text{ PK.}$$

In het algemeen rekent men w_h op 6 à 10 KG per ton bij electrische motorwagens 12 à 15 KG per ton.

Bij V = 40 KM, helling 4 ‰ en 500 M straal van den boog wordt volgens de gegeven weerstandsformules bij normaal spoor

$w = w_h \pm w_s + w_r = 5 \pm 4$ of 9 KG per ton bij opgaande helling.

Verschillende wrijvingscoëfficiënten.

Wrijvingscoëfficiënten van sleden.

Onbeslagen houten zijschotten op gladde houten of steenen baan:

Ongesmeerd	0,38
Gesmeerd met droge zeep	0,15
„ „ talk	0,07
Onbeslagen zijschotten op sneeuw of ijs	$0{,}03^5$
Beslagen „ „ „ „ „	0,02

Wrijvingscoëfficiënten voor rollen (rollende wrijving):

Pokhout rollen op pokhout	0,047
Iepenhouten „ „ „	0.081
IJzeren of stalen rollen op ijzer of staal, gemiddeld	0,05

Voor *drijfwerken* is de totale wrijvingsweerstand μ gemiddeld = 0,05.

Voor ijzeren *wielbanden* op droge ijzeren rails volgens *Poirée:*

Snelheid v in KM/uur =	16,56	26,28	31,68	51,48	72,00	79,20
Wrijvingscoëfficiënt μ =	0,209	0,206	0,171	0,145	0,136	0,112

Van gegoten ijzeren *remblokken* op stalen wielbanden volgens *Galton:*

Snelheid v in KM/uur	begin	8,05	16,09	40,03	72,36	96,48
Wrijvingscoëfficiënt μ =	0,330	0,273	0,242	0,166	0,127	0,074

Weerstand van palen in den grond bij uittrekken.

Volgens proeven van *Möller* te Brunswijk hecht aan een paal in den grond bij het uittrekken een grondkegel, waarvan de afgestompte punt samenvalt met onderkant paal en waarvan de beschrijvende lijnen een hoek van 45° met de vertikaal maken. Het gewicht van den grondkegel of de wrijving van grond en paal is maatgevend. Deze wrijving is aan te nemen op

$$W = 0.20 \times \text{gewicht kegel} = 0{,}128\ l^3 \times s.$$

waarin l de lengte van den paal

s het soortelijk gewicht van den grond.

Gronddruk. — Steunmuren.

Gronddruk tegen bekleedingsmuren.

Wordt een aardmassa onder grooteren hoek dan den natuurlijken hellingshoek opgezet en door een steunmuur tegengehouden, dan oefent deze massa op dien muur een druk uit. Tengevolge van het zetten van dien wand zal de grond volgens een zeker vlak afschuiven, dat niet met het vlak van den natuurlijken hellingshoek overeenkomt maar steiler is, daar het door den grootsten druk op den wand wordt bepaald. De meer rationeele theorie voor den gronddruk, welke op het inwendig evenwicht der grondmassa berust, levert voor de practijk nog geen algemeen bruikbare uitkomsten, zoodat algemeen van de theorie van het afschuivend prisma wordt gebruik gemaakt. Slechts in het geval van een vlakke bovenbegrenzing van het aardlichaam, is het afschuivingsvlak een plat vlak. In dit geval kan men dus aannemen, dat zich bij zetten van den steunwand een prisma afschuift, door een vlak glijdvlak begrensd. Deze berekeningsmethode heeft evenwel het tegenstrijdige, dat de drie krachten, welke op het aardprisma werken, te weten het gewicht van dit prisma, de reactie van den steunmuur en de druk op het glijdvlak elkaar in het algemeen niet in één punt snijden.

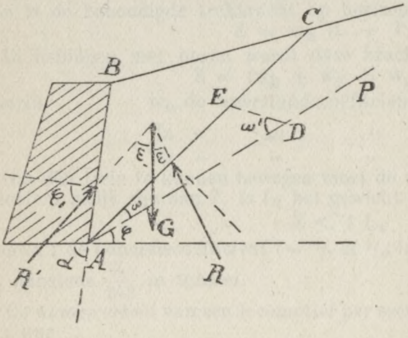


Fig. 1.

Berekening van den gronddruk.

Neemt men aan, dat het prisma ABC (fig. 1) afschuift, dan heeft men voor het evenwicht:

$$R^1 \cos \omega^1 + R \cos \omega = G$$

$$R^1 \sin \omega^1 - R \sin \omega = 0$$

waaruit

$$R^1 = \frac{G \sin \omega}{\sin (\omega + \omega^1)}$$

waarin

$$w^1 = 180° - \varphi_1 - \alpha$$

wanneer de hoek, dien het muurvlak met de horizontaal maakt, gelijk aan α wordt gesteld en φ_1 de wrijvingshoek van den grond op het muurvlak is, zoodat ook

$$R^1 = \frac{G \sin \omega}{\sin (\omega + 180° - \varphi_1 - \alpha)}$$

Drukt men hierin het gewicht G tevens in den hoek ω uit, dan heeft men R^1 dus in den eenigen veranderlijken hoek ω uitgedrukt en zal R^1 maximum zijn voor

$$\frac{dR^1}{d\omega} = 0$$

Nu is voor rechtlijnige horizontale begrenzing der aardmassa

$$G = \gamma \frac{h^2}{2} \cot (\omega + \varphi)$$

waarin γ het soortelijk gewicht der aarde,
h de hoogte van den steunmuur,
φ de natuurlijke hellingshoek of wrijvingshoek van aarde op aarde.

Neemt men daarbij aan, dat $\alpha = 90°$ en het ongunstige geval, dat $\varphi_1 = 0$ of de wrijving op het muurvlak = 0 dan wordt de formule (1) vereenvoudigd in

$$R^1 = \gamma \frac{h^2}{2} \cot (\omega + \varphi) \operatorname{tg} \omega \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

waarvoor de voorwaarde $\frac{dR^1}{d\,\omega}$ overgaat in :

$$\frac{\cot (\omega + \varphi)}{\cos^2 \omega} - \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin^2 (\omega + \varphi)} = 0$$

of $$\sin \omega \cos \omega = \sin (\omega + \varphi) \cos (\omega + \varphi)$$

of $$\sin 2\,\omega = \sin 2\,(\omega + \varphi)$$

of $$\omega = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

met welke waarde de gronddruk in dit geval wordt

$$R^1 = \gamma \frac{h^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad \ldots \ldots \ldots (3)$$

Voor ruwe berekeningen kan van deze formule worden gebruik gemaakt. Onderstaande tabel geeft de waarde van $\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ voor verschillenden hellingshoek

φ	$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$	φ	$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$
10°	0,704	40°	0,217
20°	0,490	50°	0,132
30°	0,333		

Voor het algemeene geval wordt de afleiding ingewikkelder. Door *v. Ott* werd daarom bij horizontale bovenbegrenzing de volgende formule afgeleid

$$R^1 = \gamma \frac{h^2}{2} \frac{\sin \varphi_1}{\sin (\alpha + 2\varphi)} \left\{ \sqrt{\cot \varphi - \cot (\alpha + 2\varphi)} - \sqrt{\cot \alpha - \cot (\alpha + 2\varphi)} \right\} \quad \ldots \ldots \ldots (4)$$

waarin h de hoogte van den steunmuur.

In het algemeen is dus

$$R^1 = k \gamma \frac{h^2}{2}$$

Wordt de aanvullingsgrond nog belast met een gelijkmatige belasting q per eenheid van oppervlak, dan wordt $R^1 = \left(\gamma \frac{h}{2} + hq \right) \operatorname{tg}^2 (45 - \mu)$ bij toepassing van het eenvoudige geval en in het algemeen volgens *v. Ott:*

$$D = \gamma \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} \frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon} \left\{ \sqrt{\cot \varphi - \cot \varepsilon} - \sqrt{m - \cot \varepsilon} \right\}^2$$

waarin $$\varepsilon = \alpha + 2\varphi$$

$$m = \cot \alpha + \left(\frac{h_1}{h + h_1} \right)^2 (\cot \varphi - \cot \alpha)$$

h^1 = hoogte der bovenbelasting in grond uitgedrukt.

Aangrijpingspunt van den gronddruk.

Het aangrijpingspunt wordt bepaald door de resultante van den gronddruk der opeenvolgende lagen. Is de diepte van het element dy van het muurvlak ten opzichte van het bovenvlak y, dan is voor dit element de gronddruktoename voor het beschouwde geval:

$$dR^1 = k \, \gamma \, y \, dy$$

of recht evenredig met de diepte. Het aangrijpingspunt van den gronddruk ten opzichte van den bovenkant wordt dus bepaald door

$$a\,R^1 = \int_0^h k \gamma y^2 dy = k \gamma \frac{h^3}{3}$$

of $$a\,k \gamma \frac{h^2}{2} = k \gamma \frac{h^3}{3}$$

of $$a = {}^2/_3\, h.$$

Constructie van het afschuivingsvlak.

Op gemakkelijker wijze is de stand van het afschuivingsvlak te construeeren.

Neemt men (fig. 1) de rechte AC als de snijlijn van het afschuivingsvlak met het vlak van teekening aan, en zijn weer de drie krachten R, R^1 en G in evenwicht, dan zal in elk geval de kracht R denzelfden hoek ω maken met de vertikaal, alzoo ook met G. Evenzoo zal R^1 denzelfden hoek ω^1 met G blijven maken. Men kan dus in elk geval den krachtenveelhoek construeeren door een driehoek te vormen met een zijde gelijk aan G en twee aanliggende hoeken ω en ω^1.

De grootte van den gronddruk D tegengesteld aan de reactie R^1 wordt nu het gemakkelijkst in de figuur bepaald door op de lijn van het natuurlijk talud AP de grootte G = AD en in D den hoek ω^1 uit te zetten. DE geeft dan de grootte van den gronddruk bij het glijdvlak AC. De richting van DE komt daarbij dus overeen met de lijn, die met het achtervlak AB van den muur een hoek $\varphi + \varphi_1$ maakt.

Verandert men nu den hoek ω door draaiing van het vlak AC van $\omega = 0$ tot $\omega = \angle$ BAD dan krijgt men voor de meetkundige plaats der snijpunten E een kromme, welke voor $\omega = 0$ bij D = o door een punt P van de lijn van het natuurlijk talud gaat en bij $\omega = \angle$BAD bij G en D = o door het punt A moet gaan. Tusschen deze punten A en O is op deze kromme een punt X, waarvoor de druk D een maximum is en wel in het raakpunt van de raaklijn evenwijdig aan AP.

Bij een rechtlijnige bovenbegrenzing (welke niet horizontaal behoeft te zijn) en gelijkmatig over de geheele lengte verdeelde bovenbelasting is de kromme een hyperbool. Men kan voor dit geval (fig. 2) de ligging der afschuivingslijn constructief als volgt bepalen:

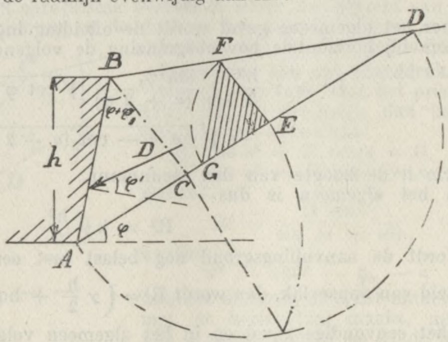


Fig. 2.

Trek door B een lijn BC, die $\angle\ \varphi + \varphi_1$ met het achtermuurvlak maakt en construeer nu voor de afstanden AC en AD de middelevenredige AE, zoodat dus

$$AE^2 = AD \times AC,$$

Trek uit E de lijn EF // BC, dan is AF de afschuivingslijn.

De grootte van den gronddruk kan men nu ook grafisch als volgt bepalen:

Maak EG = EF, dan stelt EFG het grondvlak van een prisma voor, waarvan het gewicht met de hoogte als eenheid de grootte van den gronddruk aangeeft, waarbij de breedte van het vlak AB tevens als eenheid is aangenomen.

Steunmuren.

Steunmuren van losgestapelde steen.

Deze past men bij niet al te steile opzetting van aardmassa's vanaf een talud van 1 op 1 toe; gewoonlijk bij 3 op 2, waarbij dan de hoogte tot 10 M kan worden. Bij steilere helling wordt de hoogte kleiner, terwijl men meestal tot aan de kruin der aardmassa gaat of hoogstens 1 Meter daaronder blijft. Het achtervlak maakt men vertikaal of flauw hellend tot de gewassen grond is bereikt van welk punt af dan de helling van het voorvlak kan worden gevolgd.

Bij de Brennerbaan te Zwitserland werd bij talud van 2 op 1 voor de kruinbreedte genomen voor muren ter hoogte h:

$$b = 1 + \frac{h}{6} \text{ Meter}$$

en bij 1 Meter onder het oppervlak:

$$b = 1 + \frac{h + 1}{6} \text{ Meter.}$$

Steunmuren van metselwerk of beton.

Deze komen in aanmerking bij steiler talud dan 2 op 1. De muren krijgen zoo mogelijk aan de voorzijde hellingen van $^1/_5$ tot $^1/_{10}$ en het achtervlak vertikaal, zigzag gebroken of enkel gebroken.

Bij geheel losse aardmassa neemt men in Duitschland de kruinsbreedte op

$$b = 0{,}438 + 0{,}2\,h \text{ Meter}$$

waarin h de zichtbare muurhoogte.

Bij gedeeltelijk los materiaal kan de breedte minder zijn, terwijl, wanneer men den muur van achteren met steen aanvult, de dikte met ongeveer $^1/_{20}$ h kan worden verminderd. Bij een bovenlaag van meer dan 1 Meter boven de muurhoogte en 1 tot $1^1/_2$-voudig talud neemt men de kruinsbreedte

$$b = 0{,}438 + 0{,}3\,h - 0{,}1\,h\left(1 - \frac{H}{3\,h}\right)^2 \text{ Meter}$$

waarin H de hoogte van de bovenlaag.

Bij ons te lande leert de ondervinding, dat men volstaan kan met een muurdikte van 0,3 der hoogte of bij trapeziumvorm met een onderbreedte van 0,4 h en een bovenbreedte van 0,3 h.

Natuurkundige gegevens.

Litteratuur.

Algemeene werken:

Müller-Pouillet.	Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 4 dl.
H. Abraham et P. Saxerdote	Recueil de constantes physiques. Gauthier-Villars édit. Paris 1913.
Landolt-Börnstein.	Physisch-Chemische Tabellen.
R. Mollier.	Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf. Springer, Berlin.
Prof. Bosscha.	Leerboek der Natuurkunde, opnieuw bewerkt. A. W. Sythoff, Leiden.

Thermodynamica

v. Dwelshauvers-Dery.	Etude calorimétrique de la machine à vapeur.
Kohnstamm,	Warmteleer. Mij. voor goede en goedk. lectuur.
H. Lorenz.	Technische Wärmelehre.
A. Madamet.	La thermodynamique et ses applications aux machines à vapeur.
Musil und Ewing.	Grundlagen der Theorie und des Baues der Wärmekraftmaschinen.
C. H. Peabody.	Thermodynamics of the steam-engine and other heat-engines.
M. Planck	Vorlesungen über Thermodynamik. 1911.
R. Rühlmann.	Handbuch der mechanischen Wärmetheorie.
R. H. Thurston.	A manual of the steam-engine (Thermodynamic).
Walther und Röttinger.	Technische Wärmelehre Samml. Göschen.
J. J. Weyrauch.	Grundriss der Wärmetheorie, 2e Bde.
G. Zeuner.	Technische Thermodynamik. 2 Bde.
H. J. Oosting.	Inleiding tot de technische thermodynamica. Helder 1909.
W. Schüle.	Technische Thermodynamik. 2. Aufl. 1912. Band I. Springer, Berlin.

Electriciteit:

Dr. A. Thomälen.	Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Berlin, Jul. Springer.
v. d. Grampel.	Moderne Electriciteit f 6.25, geb. f 7.50.

Dichtheid van stoffen.

De *dichtheid* ρ of specifieke massa van een stof is de massa (hoeveelheid materie) van de volume-eenheid van de stof.

Het *specifiek* (*soortelijk*) *gewicht* is het gewicht van de volume-eenheid van de stof en dus gelijk aan $\rho \times g$.

Dichtheid en soortelijk gewicht worden door gelijke getallen uitgedrukt, wanneer men beide in water als eenheid uitdrukt.

Onder dichtheid van dampen en gassen neemt men ook aan de verhouding van de getallen, die het gewicht voorstellen van een bepaald volume van het gas en dat van een evengroot volume lucht bij dezelfde temperatuur en drukking. Deze dichtheid wordt ook wel *volumegewicht* genoemd. Hierbij onderstelt men, dat de gassen en dampen nauwkeurig de wetten van *Gay-Lussac* en *Boyle* volgen. Zuiverder ware het bij gassen als soortelijk gewicht aan te nemen het getal, dat het gewicht van de volume-eenheid voorstelt bij een warmtegraad van 0° en een drukking van 76 cM kwik, het z.g. *litergewicht* (zie blz. 422).

Het soortelijk gewicht van een damp is dus volgens het bovenstaande gelijk aan de dampdichtheid maal het soortelijk gewicht van lucht bij dezelfde temperatuur en drukking.

Behalve het volume hangen ook de dichtheid en het soortelijk gewicht van de temperatuur af. Verder is de bewerking, enz. van invloed, zoodat beide alleen ongeveer aan te geven zijn.

Uit de dichtheid leidt men de volgende grootheden af:

1. het *specifiek volume* is het volume van de gewichtseenheid in cM^3.
2. het *atoomvolume* is het volume in cM^3, hetwelk het gramatoom van een lichaam inneemt.

(Het *gramatoom of grammolecule* is het in grammen uitgedrukte gewicht, hetwelk uit het atoom- of moleculairgewicht volgt, wanneer het atoomgewicht van zuurstof = 16, respectievelijk dat van waterstof = 1 gesteld wordt).

3. het *moleculairvolume* is het volume, hetwelk het grammolecuul van een lichaam inneemt.

Voorbeeld: Voor de dichtheid van ijzer wordt 7,7 gevonden. Het specif. volume is dan $^1/_{7,7}$ en het atoomvolume daar het atoomgewicht van Fe = 56 is $^{56}/_{7,7}$ = 7,3.

Dichtheid van water bij verschillende temperaturen.

— 10° C	0,998 15	15° C	126		40° C	0,992 244
— 5	0,999 30	16	0,998 969		60	0,983 237
0	0,999 867	17	800		80	0,971 831
1	926	18	621		100	0,958 375
2	968	19	430		150	0,917 2
3	992	20	229		200	0,862 8
4	1,000 000	21	017		250	0,794
5	0,999 992	22	0,997 795		300	0,70
6	968	23	563	IJs	0	0,916 7
7	929	24	321		— 10	0,918 6
8	876	25	069		— 20	0,920 3
9	808	26	0,996 808			
10	727	27	538			
11	632	28	258			
12	524	29	0,995 969			
13	404	30	672			
14	271					

Voor luchthoudend water zijn de laatste decimalen tusschen 0 en 13° met 3 eenheden, tusschen 14 en 17° met 2 eenheden en 18 en 19° met éen te verkleinen. Boven 20° zijn de verschillen niet noemenswaard.

Soortelijk gewicht van verschillende stoffen.

(voor het soortelijk gewicht van grondsoorten en bouwstoffen zie bij dit onderwerp)

Elementen in vasten of vloeibaren (vl.) toestand.

Aluminium	2,6	Nikkel	8,9
Argon (vl.)	1,4	Osmium	22,5
Arsenicum	5,7	Phosphorus	1,83—2,19
Barium	3,8	Platina	21,4
Bismuth	9,8	Seleen	4,35
Broom	3,15	Silicium	2,4
Cadmium	8,6	Stikstof (vl.)	0,4
Chloor (vl.)	1,47	Thorium	11,0
Goud	19,3	Tin	7,3
Jood	4,95	Uraan	18,6
Kalium	0,87	Waterstof (vl.)	0,26
Koolstof (diamant)	3,52	IJzer	7,8
Koper	8,9	Zilver	10,53
Kwikzilver	13,6	Zink	7,2
Lood	11,36	Zuurstof (vl.)	0,9
Magnesium	1,74	Zwavel	2,0
Natrium	0,98		

Verschillende vaste stoffen.

Caoutchouc	0,950	Salpeter	1,940—2,000
Graphiet	1,900—2,300	Soda (gekrist.)	1,450
Kalkspaat	2,720	Steenzout	2,280
Keukenzout	2,150—2,170	Vloeispaat	3,150
Kwarts	2,650	Zwavel	1,96—2,07
Paraffine	0,890		

Vloeistoffen.

Aceton	0,81	Carbolzuur (ruw)	0,95—0,970
Aethylaether	0,74	Salpeterzuur sterk 91 % bij 15° C.	1,515
Aethylalcohol	0,806	Zoutzuur sterk 39,11 % bij 15° C.	1,200
Ammoniak (geconc.)	0,64	Zwavelzuur geconc. bij 15 °C.	1,850
Amylaether	0,80	Zwavelzuur 87 % bij 15° C.	1,800
Amylalcohol	0,83	Koolzuur (vl.)	0,914
Benzine	0,680—0,700	Lucht (—190°)	1,025
Benzol bij 0°	0,900	Methylalcohol	0,81
Glycerine (watervrij) bij 0°	1,260	Toluol	0,88
Glycerine met 50 % water	1,130		
Kwik bij 15° C.	13,558		

Gassen.

Volumegewicht of dichtheid ten opzichte van lucht (s. g. lucht = 0,001 293)

Stikstof	0,971 37 (Regnault)	Watergas gecarbureerd	0,70
Waterstof	0,069 26 („)	ongecarbureerd	0,53
Zuurstof	1,105 63 („)	Krachtgas	0,88
Koolzuur	1,529 01 („)	Generatorgas	0,94—1,00
Kooloxyde	0,967 4	Oliegas	0,86
Chloorwaterstof	1,269	Brongas	0,58
Ammoniak	0,588 9	Luchtgas (250 gr. pentaan in 1 M³)	1,12
Acetyleen	0,90	Hoogovengas	1,00
Argon	1,379	Cokesovengas	0,48—0,56
Steenkolengas	0,364—0,452		

Litergewicht of gewicht van eenige gassen bij 0° en 760 mM [1]) in grammen per liter

Acetyleen	1,161 8	Joodwaterstof	5,715 0
Aethaan	1,341 8	Kooldioxyde	1,964 9
Aethylamine	2,013 8	Kooloxyde	1,250 4
Aethylchoride	2,880 0	Kooloxysulfide	2,682 1
Aethyleen	1,251 8	Lucht	1,293 3
Ammonia	0,762 0	Methaan	0,715 9
Argon	1,779 1	Methylaether	2,056 3
Arseenwaterstof	3,484 2	Methylamine	1,387 9
Boorfluoride	3,037	Methylchloride	2,254 0
Broom	7,141 4	Phosphorwaterstof	1,519 4
Broomwaterstof	3,615 7	Prophyleen	1,877 0
Butaan	2,593 6	Seleenwaterstof	3,626 8
Chloor	3,166 1	Siliciumfluoride	4,662 1
Chloormonoxyde	3,880 6	Stikstof	1,250 9
Chloordioxyde	3,012 1	Stikstofoxyde	1,341 5
Chloorkooloxyde	4,416 5	Stikstofoxydule	1,966 4
Chloorwaterstof	1,628 1	Stikstofperoxyde	2,056 0
Cyaan	2,325 7	Waterstof	0,089 87
Fluoor	1,697	Zuurstof	1,429 0
Fluoorwaterstof	0,894	Zwaveldioxyde	2,861 7
Helium	0,177 9	Zwavelwaterstof	1,521 7

[1]) Berekend met de internationale atoomgewichten 1905, het gewicht van 1 L zuurstof op 1,4290 gr. stellende. Van argon, helium, lucht, stikstof, waterstof en zuurstof zijn de *waargenomen* gewichten opgenomen.

Dampen: Dichtheid (ten opzichte van lucht).

Waterdamp	0,623 5	Jodium	8,716
Aethyl-alcohol	1,603	Broom	5,400
Aether	2,565	Chloor	2,491

Phosphorus	4,388	Chloroform	4,215
Kwik	6,976	Cydon	1,806 4
Zwavel (beneden 1000°)	2,2	Naphtaline	4,429
Benzol	2,77	Toluol	3,184
Atceon	2,003		

Gegevens betreffende warmteverschijnselen.

Thermometerschalen.

	Celsius.	Réaumur.	Fahrenheit.
Vriespunt	0^0	0^0	32^0
Kookpunt	100^0	80^0	212^0

x^0 Cels. $= {}^4/_5\, x^0$ Réaum. $= 32^0 + {}^9/_5\, x^0$ Fahr.
x^0 Réaum. $= {}^5/_4\, x^0$ Cels. $= 32^0 + {}^9/_4\, x^0$ Fahr.
x^0 Fahr. $= {}^4/_9\, (x^0 - 32^0)$ Réaum. $= {}^5/_9\, (x^0 - 32^0)$ Cels.

Vergelijkingstafel.

Celsius	Réaumur	Fahrenheit	Celsius	Réaumur	Fahrenheit
—40	—32	—40	80	64	176
—35	—28	—31	85	68	185
—30	—24	—22	90	72	194
—25	—20	13	95	76	203
—20	—16	— 4	100	80	212
$-17^7/_9$	$-14^2/_9$	0	105	84	221
—15	—12	5	110	88	230
—10	— 8	14	115	92	239
— 5	— 4	23	120	96	248
0	0	32	125	100	257
5	4	41	130	104	266
10	8	50	135	108	275
15	12	59	140	112	284
20	16	68	145	116	293
25	20	77	150	120	302
30	24	86	155	124	311
35	28	95	160	128	320
40	32	104	165	132	329
45	36	113	170	136	338
50	40	122	175	140	347
55	44	131	180	144	356
60	48	140	185	148	365
65	52	149	190	152	374
70	56	158	195	156	383
75	60	167	200	160	392

Warmte-eenheden.

De algemeene eenheid voor de bepaling van een hoeveelheid warmte is de groote calorie of W.E., d.i. de hoeveelheid warmte, noodig om 1 KG water 1° C. in temperatuur te doen stijgen en is gelijk aan 1000 kleine calorieën, d.i. de hoeveelheid warmte, noodig om 1 gram water 1° C. in temperatuur te doen stijgen. Daar deze warmtehoeveelheid voor verschillende watertemperaturen niet geheel gelijk is, neemt men voor de *normale* calorie de temperatuursverhooging van 14,5°—15,5° C.

British Thermal Unit (B. T. U.) is die warmtehoeveelheid, noodig om 1 pound water van 39,1° F. op 40,1° F. te verwarmen.

1 B. T. U. = 0,252 groote calorieën (W. E.)
of 1 W.E. = 3,968 B. T. U.

Kookpunt van verschillende stoffen (bij 760 mM druk).

Het kookpunt van een stof is de temperatuur, waarbij de spanning van den verzadigden damp gelijk is aan 760 mM kwikdruk. Ter bepaling van het kookpunt van een vloeistof plaatst men den thermometer niet in de kokende vloeistof, maar in den ontwijkenden damp.

Zuivere alcohol	78,5° C.	Petroleum	150° C.
Benzine	90—110° „	Kwikzilver	357° „
Benzol	80,3° „	Salpeterzuur	130° „
Chloroform	61° „	Zwavelkoolstof	46° „
Aether	35° „	Zwavel	448° „
Vet	300—325° „	Zwavelzuur	326° „
Lijnolie	316° „	Terpentijnolie	160° „
Naphtaline	218° „	Methylalcohol	66° „
Paraffine	300° „	Zwaveligzuur	10° „
Phosphor	290° „		

Kookpunt van het water bij verschillende barometerstanden.

Barometerstand in mM	Kookpunt ° C	Barometerstand in mM	Kookpunt in °C.	Barometerstand in mM	Kookpunt in ° C.	Barometerstand in mM	Kookpunt in ° C
500	88,7	610	94,0	710	98,10	765	100,18
51	89,2	620	94,4	715	98,29	770	100,36
520	89,7	630	94,8	720	98,49	775	100,55
530	90,2	640	95,3	725	98,68	780	100,73
540	90,7	650	95,7	730	98,88	785	100,91
550	91,2	660	96,1	735	99,06	790	101,08
560	91,7	670	96,5	740	99,25	795	101,26
570	92,2	680	96,92	745	99,44	800	101,44
580	92,6	690	97,32	750	99,63	—	—
590	93,1	700	97,71	755	99,82	—	—
600	93,5	705	97,91	760	100,00	—	—

Smeltpunt van stoffen bij 760 mM druk.

Aluminium	657° C.	Was	64° C.
Antimoon	630° „	Koper	1084° „
Chroom	1515° „	Nikkel	1470° „
Lood	327° „	Palladium	1550° „
IJzer, gietijzer	1100—1200° „	Platina	1760° „
welijzer	1500—1600° „	Zilver	961° „
vloeiijzer	1350—1450° „	Zink	419° „
staal	1300—1400° „	Tin	232° „
Goud	1064° „	Tinsoldeer (2 lood 1 tin)	230° „
Iridium	2400° „	idem (1 lood 2 tin)	170° „
Brons	900° „	Messing	900° „
Paraffine	54° „	Walschot	48° „
Phosphor	44° „	Glas	1000—1200° „
Zwavel	113—119° „	Caoutchouc	125° „
Stearine	50° „	Delta-metaal	950° „

Vriespunt van verschillende stoffen bij 760 mM druk.

Aether	—117° C.	Glycerine	—20 ° C.
Alcohol (abs.)	—100° „	Zeewater	— 2,5° „
Keukenzoutoplossing verzadigd	—18° „	Terpentijnolie	—10 ° „
		Kwik	—39 ° „

Druk bij gassen.

Eenheid van druk bij gassen is de „atmosfeer" gewoonlijk aangenomen op 1 KG/cM² = 735,51 mM kwikzilver = 14,223 Eng. pound per square inch.

De werkelijke druk van 1 atmosfeer = 1,0333 KG/cM² = 760 mM kwikzilver.

Kritische temperatuur en druk van gassen.

Voor de condensatie van een gas is behalve druk ook afkoeling noodig. De tem-

peratuur, waarboven de stof, bij welken druk ook, gasvormig blijft, heet „*kritische temperatuur*". Bij gasmengsels is de kritische temperatuur lager.

STOF	Kritische temperatuur in ° C.	Kritische druk in atmosfeer.	Kookpunt onder atmosf. druk in ° C.	Waarnemer
Aethyleen C_2H_4 . . .	+ 10,1	54,0	—105	Dewar.
Acetyleen C_2H_2 . . .	+ 35	68	— 83	Ausdell.
Ammoniak NH_3. . .	+130	115	— 33	—
Cyaan	+125	61,7	—	—
Kooloxyde CO . . .	—136	34	— 90	Wroblewski.
Koolzuur CO_2 . . .	+ 31	75	— 79	Andrews.
Methaan CH_4. . . .	— 82	57	—164	Dewar
Zuurstof O	—118	60	—183	Wroblewski.
Zwaveligzuur SO_2 . .	+155,4	81	— 10,08	
Zwavelwaterstof H_2S. .	+100,2	94	— 52	
Stikstof N.	—149	29	—196	
Waterstof . . .	—241	20	—253	Dewar
Waterdamp	+374	225	+100	Nadejdine.

Uitzetting van stoffen.

Uitzetting van vaste stoffen.

Bij vaste lichamen is de lineaire uitzetting nagenoeg evenredig met de temperatuursverhooging. Is bij 0° C. de lengte L, het oppervlak F en het volume V en bij t° respectievelijk L′, F′ en V′, dan is $L' = (1 + \alpha\ t)\ L$
en zeer nabij $F' = (1 + 2\ \alpha\ t)\ F$
$$V' = (1 + 3\ \alpha\ t)\ V$$
De gemiddelde lineaire uitzettingscoëfficiënt α is volgens onderzoek algemeen te stellen op
$$\alpha = a + b\ t$$
waarin a en b grootheden afhankelijk van den aard der stof. *Fizeau* vond voor verschillende stoffen tusschen 0° en 100° voor a en b de volgende waarden:

	a	b	α
Lood	2 829 $\times 10^{-8}$	119,5 $\times 10^{-10}$	2 948 $\times 10^{-8}$
Tin	2 094 ,,	175,5 ,,	2 270 ,,
Zilver	1 862 ,,	73,5 ,,	1 935 ,,
Koper	1 596 ,,	102,5 ,,	1 698 ,,
Goud	1 410 ,,	41,5 ,,	1 451 ,,
Fransch gietstaal (gehard)	1 162 ,,	99,5 ,,	1 362 ,,
IJzer	1 136 ,,	192,5 ,,	1 228 ,,
Platina	868 ,,	39 ,,	907 ,,
Spiegelglas	714 ,,	79 ,,	793 ,,
Volgens anderen:			
IJzer en staal	—	—	1 100 ,,
Bij hoogere temperaturen	1 100 ,,	80 ,,	—

IJs:
Volgens *Dewar* van —189 tot 0° C. α = 0,000 027 per ° C.
„ *Struve* „ — 27 „ —2 „ „ = 0,000 051 42 „ „
„ *Nichols* bij — 10° C ¾ „ = 0,000 054 „ „
„ *Vincent* van — 10° tot 0° „ „ = 0,000 050 7 „ „

Uitzetting van vloeistoffen.

Bij *vloeistoffen* is het verband tusschen uitzetting en temperatuursverhooging onregelmatiger en minder eenvoudig.

De verhouding van het volume bij 100° C. tot dat bij 0° C. is: voor terpentijnolie 1,105 à 1,100, voor olijfolie 1,078, voor water 1,042 986 en voor kwik 1,018 242. Water heeft zijn grootste dichtheid bij 3°,945 C. of 39°,101 F. Bij het bevriezen van water bij 0° C. wordt een volume van 1 water = 1,0895 ijs.

Volume van water tusschen 0° en 100° C.

Temp.	Volume	Toename op 1° C.	Temp.	Volume	Toename op 1° C.
0°	1,000 13	0,000 03	60°	1,017 0	0,000 54
4	1,000 00	0,000 05	65	1,019 7	58
10	1,000 27	12	70	1,022 6	62
15	1,000 87	18	75	1,025 7	64
20	1,001 76	23	80	1,028 9	66
25	1,002 94		85	1,032 2	70
30	1,004 35	28	90	1,035 7	74
35	1,005 9	32	95	1,039 4	77
40	1,007 7	36	99	1,042 47	80
45	1,009 7	40	100	1,043 27	
50	1,012 0	46			
55	1,014 4	48			

Eigenschappen en uitzetting van gassen.

Spankracht van gassen.

Is u de snelheid van een molecule van het gas, m de massa van een molecule, N het aantal moleculen per M³, dan is de spankracht van het gas (per M²):

$$p = {}^1/_3\ mNu^2$$

of wanneer M de massa is van alle moleculen in M³:

$$p = {}^1/_3\ Mu^2. \quad . \quad . \quad . \qquad (1)$$

Daar 1 M³ dampkringslucht bij normalen barometerstand een drukking uitoefent van 10 333 KG per M² en bij 0° Celsius 1 M³ 1,293 2 KG weegt, volgt daaruit, dat de snelheid van een molecule in dit geval moet bedragen

$$u = 485 \text{ Meter per secunde.}$$

Is v het volume van het gas in M³, dan volgt uit de formule (1)

$$pv = {}^1/_3\ Mvu^2$$

of daar voor eenzelfde gas Mv constant is en *bij dezelfde temperatuur* u ook constant is, is in dit geval

$$pv = \text{constant.} \quad . \quad . \quad (\textit{Wet van Boyle of Mariotte}). \qquad (2)$$

Alle gassen wijken evenwel min of meer van de wet van Boyle af; bij waterstof neemt het product bij grooteren druk toe en bij andere gassen af. Dit is het gevolg van de onderlinge aantrekking der moleculen. Volgens *van der Waals* bestaat de verhouding

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = {}^1/_3\ Mvu^2$$

waarin a en b constanten.

Uitzetting van gassen.

Volgens de *wet van Gay-Lussac* hebben alle gassen bij willekeurigen onveranderlijken druk dezelfde uitzetting, welke voor elken graad temperatuursverschil $^1/_{273}$ van het volume bij 0° bedraagt.

Regnault heeft evenwel aangetoond, dat de gassen evenals bij de wet van *Boy e* kleine afwijkingen vertoonen en wel bedraagt de waarde van α:

Voor droge dampkringslucht en stikstof	0,003 670
„ koolzuur	0,003 710
„ kooloxyde	0,003 669
„ waterstof	0,003 661

Volgens genoemde wet is dus het volume bij t graden

$$v_t = v_0\,(1 + \alpha\, t), \text{ waarin } \alpha \text{ ongeveer } {}^1/_{273}$$

of ook

$$p_0\, v_t = p_0\, v_0\, (1 + \alpha\, t)$$

Daar in verband met de wet van *Boyle* bij t graden $p_0v_t = pv =$ constant, is dus in het algemeen voor een gas

$$pv = p_0v_0\ (1 + \alpha\ t)$$

of

$$\frac{pv}{1 + \alpha t} = p_0v_0 = \text{constant. } \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

waarin p_0 en v_0 de soortelijke druk en het soortelijk volume van het gas bij o° C.
Uit (3) volgt

$$\frac{pv}{\frac{1}{\alpha} + t} = \alpha\ p_0v_0$$

of noemt men $\frac{1}{\alpha} + t = 273 + t$ de *absolute temperatuur* T, waarbij $t = -\frac{1}{\alpha} =$ — 273° *het absolute nulpunt*, dan is:

$$\frac{pv}{T} = \alpha\ p_0v_0 = \frac{p_0v_0}{273} = R = \text{constant } \ldots\ldots \quad (4)$$

d. i. de *wet van Boyle—Gay-Lussac.*

Hierin stelt R de zoogenaamde „gasconstante" voor en geeft

$$pv = RT \qquad (p \text{ in } KG/M^2 \text{ en } v \text{ in } M^3/KG)$$

de algemeene toestandsvergelijking van een gas aan, die *steeds* geldt, in welken toestand het gas zich ook bevindt.

De gasconstante, welke voor verschillende gassen verschillend is, bedraagt alzoo voor droge lucht

$$R = \frac{pv}{T} = \frac{p}{\gamma\ T} = \frac{10\ 333}{1{,}293 \times 273} = 29{,}27$$

en voor

stikstof	30,3
zuurstof	26,7
waterstof	422,8
koolzuur	19,1
lichtgas	71,4

(zie ook hieronder: Verband, enz.)

Mengsels van gassen.

De wetten van *Boyle* en *Gay-Lussac* gelden ook voor gasmengsels. In een gasmengsel volgt ieder gas zijn toestandsvergelijking, alsof de andere gassen niet aanwezig waren, terwijl de druk *p* van het mengsel gelijk is aan de som der spanningen p_1, p_2, enz. der afzonderlijke bestanddeelen (*Wet van Dalton*).

Is V dus het volume van een gasmengsel van G KG, waarvan de bestanddeelen de gewichten hebben G_1, G_2, G_3 enz. KG, dan is

$$p_1 \frac{V}{G_1} = R_1\ T$$

$$p_2 \frac{V}{G_2} = R_2\ T, \text{ enz.}$$

en dus

$$p\ V = (G_1\ R_1 + G_2\ R_2 + \ldots\ldots)\ T$$

De druk van vochtige lucht wordt eveneens volgens de wet van *Dalton* bepaald door de som van de spanningen van den waterdamp en van de zuivere lucht zelf. De laatste is moeilijk te bepalen; gemakkelijker is de bepaling van de spanning van den waterdamp in de lucht (Psychrometer van *August*).

Verband tusschen soortelijk gewicht, gasconstante en moleculairgewicht.

Daar volgens de wet van *Avogadro* alle gassen bij gelijke temperatuur en gelijken druk bij gelijk volume hetzelfde aantal moleculen hebben, verhouden zich de soortelijke gewichten van twee gassen als de moleculairgewichten.

$$\gamma_1 : \gamma_2 = m_1 : m_2$$

of ook daar

$$\gamma = \frac{1}{v}$$

$$m_1\ v_1 = m_2\ v_2$$

of daar v de ruimte-inhoud van 1 KG van het gas is, is $m\,v$ de ruimte-inhoud van het moleculairgewicht van het gas in KG uitgedrukt of van een kilogram-molecule (*mol*) en deze is voor alle gassen bij gelijken druk en gelijke temperatuur evengroot en wel gelijk aan 22,4 M^3, zoodat het soortelijk gewicht van een gas ook is

$$\gamma = \frac{m}{22,4}$$

en de gasconstante voor een willekeurig gas wordt

$$R = \frac{p}{\gamma\, T} = \frac{22,4\ p}{m\, T} = \frac{848,5}{m}$$

Isothermische toestandsverandering van een gas.

Bij deze toestandsverandering blijft de temperatuur gelijk en geldt dus de wet van *Boyle*

$$p\, v = \text{constant}$$

Het verband tusschen druk en volume wordt dus aangegeven door een gelijkzijdige hyperbool.

Adiabatische toestandsverandering van een gas.

Ondergaat een gas een toestandsverandering, waarbij elke op- of afname van warmte van of naar buiten wordt belet, dan wordt het arbeidsvermogen, dat bij samendrukking aan het gas wordt afgestaan in warmte omgezet en dat door uitzetting aan het gas wordt onttrokken, verkregen ten koste van de warmte van het gas zelf. In de practijk komen deze gevallen voor bij plotselinge of in korten tijd plaats hebbende drukveranderingen.

Tusschen de drukkingen p en p', de volumina v en v' en de absolute temperaturen T en T' vindt men de door *Poisson* afgeleide betrekkingen

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{v}{v'}\right)^k = \left(\frac{T'}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

of ook $\qquad p'\,v'^k = p\,v^k$ of $p\,v^k = \text{constant}$,

waarin $k = \frac{c_p}{c_v}$ (zie bldz. 431) en voor alle twee-atomige gassen van gelijke grootte en bij de gewone temperaturen gelijk 1,41 (c_p en c_v zijn de soortelijke warmten bij constanten druk en constant volume).

Uitwendige arbeid of arbeid voor samendrukking van gassen.

Is p de druk van het gas en v het soortelijke volume, dan is de uitwendige arbeid van het gas, wanneer het soortelijk volume toeneemt, van v_1 tot v_2

$$\int_{v_1}^{v_2} p\,dv \text{ of bij gelijken druk gelijk } p\,(v_2 - v_1)$$

Bij de *isothermische verandering* van den gastoestand, waarbij het gas dezelfde temperatuur behoudt, of $p \cdot v = \text{constant}$, wordt de arbeid

$$A = \int_{v_1}^{v_2} p\ dv = \int_{v_1}^{v_2} p\,v\frac{dv}{v} = pv\int_{v_1}^{v_2}\frac{dv}{v} = p\,v \log\frac{v_2}{v_1} = 2,3026\ p\,v \log\frac{v_2}{v_1}$$

of ook

$$A = 2,3026\ p\ v\ \log\frac{p_1}{p_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Bij de *adiabatische verandering*, waarbij de absolute temperatuur van het gas verandert van T_1 tot T_2 en het arbeidsdiagram wordt voorgesteld door $p\,v^k = \text{constant}$, is de arbeid

$$A = \int_{v_1}^{v_2} p\, dv = \int_{v_1}^{v_2} p\, v^k \frac{dv}{v^k} = pv^k \int_{v_1}^{v_2} v^{-k}\, dv = \frac{p\, v^k}{k-1}\left(v_1^{\,1-k} - v_2^{\,1-k}\right)$$

$$= p_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right\}$$

$$A = \frac{1}{k-1}\left(p_1 v_1 - p_1 v_2\right) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

of daar

$$p_1 v_1 = R\, T_1 \text{ en } p_2 v_2 = RT_2$$

$$A = \frac{R}{k-1}\left(T_1 - T_2\right)$$

of volgens bldz. 431 ook

$$A = 427\, c_v\, (T_1 - T_2)$$

alzoo evenredig met het temperatuursverschil.

Bij beschouwing der beide arbeidshoeveelheden blijkt, dat de arbeid voor adiabatische samendrukking grooter is dan voor isothermische. B.v. voor een druk tot 6 KG /cM² effectief of 7,033 KG/cM² is de arbeid in het eerste geval 26 532 KGM en in het laatste geval 19 818 KGM bij k = 1,41. In de practijk heeft men veelal geen zuiveren isothermischen of adiabatischen toestand, zoodat de waarde tusschen beide in ligt. Bij adiabatische samendrukking kan men evenwel de arbeid verminderen door den druk niet in één keer aan te brengen, maar over meerdere keeren te verdeelen, hetgeen vooral bij hoogen druk voordeelig is. (Zie bij Compressoren.)

Verdamping van vloeistoffen.

Verzadigde damp heeft bij onveranderlijke temperatuur een standvastige spanning, welke spanning tevens de grootste is, die hij in een open vat bij die temperatuur kan hebben. Als een vloeistof kookt, is de maximum spanning van den damp gelijk aan de drukking van de lucht in de omgeving, waarin de vloeistof kookt.

In verschillende deelen van een vat of van vaten, die met elkaar in verbinding staan en waarin zich waterdamp bevindt, kan alleen evenwicht zijn, als de spanning van den damp in de geheele ruimte gelijk is aan de maximum-spanning van den damp bij de laagste temperatuur, die eenig deel der ruimte heeft (beginsel van *Watt*).

Maximum spanning van waterdamp in cM kwikdruk bij verschillende temperaturen (volgens *Regnault*).

Temp.	Spanning	Temp.	Spanning	Temp.	Spanning
— 32°	0,032 0	15	1,269 9	144	304,026
— 30	0,038 6	20	1,739 1	152	377,734
— 20	0,092 7	30	3,154 8	159	453,436
— 10	0,209 3	50	9,198 2	165	527,454
— 5	0,311 3	100	76,000 0	200	1 168,896
0	0,460 0	121	153,925	230	2 092,650
+ 10	0,916 5	134	228,592		

Boven de 30° is dus de toename der spanning grooter dan die der temperatuur.

De spanning van een mengsel gas en damp in den toestand van verzadiging is gelijk aan de som der spanningen van het gas en van den damp (wet van *Dalton*, zie bldz. 427).

Verdampingswarmte.

De verdampingswarmte van een vloeistof is het aantal W.E., dat noodig is om 1 KG der vloeistof tegen den constanten uitwendigen druk in, in damp van dezelfde

temperatuur te veranderen. Dezelfde hoeveelheid warmte komt vrij, wanneer de damp condenseert. De verdampingswarmte is afhankelijk van de temperatuur, waarbij de verdamping plaats vindt.

Verdampingswarmte van verschillende vloeistoffen per KG bij 760 mM druk:

Ammoniak	294,21	W.E. bij	8° C.
Aether	90,5	„ „	34,9° „
Aethylalcohol	202,4	„ „	78° „
Koolzuur	72,2	„ „	—25° „
„	57,5	„ „	0° „
„	3,7	„ „	31° „
Kwikzilver	62	„ „	350° „
Salpeterzuur	115,08	„ „	108° „
Zwavelzuur	122,12	„ „	326° „
Benzol	94,4		
Zwavel	362,—		

Verdampingswarmte van water.

Volgens *Regnault* is het aantal W.E. noodig om 1 KG water van 0° te doen overgaan tot verzadigden damp van t° of de *totale warmte* van stoom bij t°:

$$606{,}5 + 0{,}305\ t$$

Trekt men hiervan de warmte af noodig om 1 KG water van 0° tot t° te verwarmen (zie bldz. 431) dan is de verdampingswarmte voor stoom gelijk aan:

$$606{,}5 - 0{,}695\ t - 0{,}000\,02\ t^2 - 0{,}000\,000\,3\ t^3 \text{ W.E. per KG.}$$

Temp in graden Celsius.	Warmte der vloeistof W.E.	Verdamp-warmte W.E.	Totale warmte W.E.	Dichtheid van den damp (lucht = 1)
0	0	592,6	592,6	0,044 9
5	5	591,9	596,9	0,006 8
10	10	590,8	600,8	0,009 4
15	15,01	589,5	604,5	0,012 7
20	20,01	587,7	607,7	0,017 2
25	25,02	585,7	610,7	0,022 9
30	30,03	583,4	616,4	0,030 2
35	35,04	580,8	615,8	0,039 4
40	40,05	578,0	618,0	0,051 0
45	45,07	574,9	620,1	0,065 3
50	50,09	571,8	621,9	0,083 0
60	60,14	564,6	624,8	0,131
70	70,20	557,6	627,8	0,199
80	80,28	550,6	630,9	0,296
90	90,38	543,6	633,9	0,428
100	100,50	536,5	637,0	0,622
120	120,81	522,3	643,1	1,141
150	151,46	500,8	652,2	2,598
175	177,20	482,6	659,9	4,690
200	203,20	464,3	677,5	7,893

Smeltwarmte van verschillende stoffen.

De smeltwarmte is het aantal W.E. dat wordt verbruikt om 1 KG van het lichaam uit den vasten in den vloeibaren toestand zonder temperatuursverandering om te zetten. In omgekeerden zin komt deze hoeveelheid vrij.

glycerine	42,5	W.E.
kwikzilver	2,8	„
koper	42	„
lood	6	„
nikkel	4,6	„
paraffine	35,1	„
phosphor	5,0	„
platina	27,2	„

ijzer	30	W.E.
ruw ijzer (grauw)	23	,,
,, ,, (wit)	33	,,
salpeter	63	,,
tin	13	,,
ijs (zuiver water)	80,4	,,
zilver	21	,,
zwavel	9,4	,,

Soortelijke warmte (specifieke warmte)

is de hoeveelheid warmte noodig om de gewichtseenheid van een lichaam 1° in temperatuur te doen toenemen. Zij is voor verschillende temperaturen niet gelijk.

Voor *water* neemt men als soortelijke warmte aan de *gemiddelde* calorie of het 100ste deel van de warmtehoeveelheid om 1 KG of 1 gram water van 0 tot 100° te verwarmen.

Uit onderzoekingen is gebleken, dat de soortelijke warmte van water van 0° tot 40° afneemt en daarna weder toeneemt, hetgeen niet in overeenstemming is met de door *Regnault* afgeleide formule, waarbij de soortelijke warmte van water gelijk zou zijn aan

$$1 + 0{,}000\,02\ t^2 + 0{,}000\,000\,3\ t^3$$

Volgens *Dieterici* bedraagt de gemiddelde specifieke warmte voor water tusschen 0 en t°

$$0{,}9983 - 0{,}005\,184\ \frac{t}{100} + 0{,}006\,912 \left(\frac{t}{100}\right)^2$$

Men moet nog onderscheid maken tusschen soortelijke warmte bij constant volume en die bij constante drukking. Bij vaste lichamen en vloeistoffen geldt wegens de geringe uitzetting bij temperatuursverhooging feitelijk de laatste; bij gassen gelden beide.

In het eerste geval zal de warmte enkel dienen om het arbeidsvermogen van beweging der moleculen en het inwendig arbeidsvermogen te vermeerderen, terwijl bij constante drukking deze bovendien over zekeren afstand moet worden overwonnen, waaruit blijkt, dat c_p grooter dan c_v zal zijn. De soortelijke warmte c_p kan door proeven worden bepaald, evenals de verhouding $\frac{c_p}{c_v} = k.$

Het verschil $c_p - c_v$ zal de hoeveelheid warmte zijn gelijk aan het arbeidsvermogen benoodigd voor uitzetting bij 1° temperatuursverhooging, welke uitzetting α maal het volume bedraagt, zoodat de grootte van dit arbeidsvermogen is

$\alpha\ p_0 v_0$ of gelijk aan de gasconstante A (zie bldz. 427),

waaruit blijkt, dat $c_p - c_v = \frac{R}{J} = \frac{R}{427}$

waarin J het mechanisch equivalent der warmte-eenheid.

Uit de kinetische theorie van een volkomen gas leidt men af, dat

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{5 + 0{,}95\ n}{3 + 0{,}95\ n}$$

moet zijn, waarin n het aantal atomen in de molecule.

LICHAAM	Temperatuur in graden Celsius	Soortelijke warmte
Aluminium	0—100	0,205 5 calorie.
Lood	19—48	0,031 5
Diamant	bij 10	0,095 5
,, ...	,, 200	0,273 3
,, ...	,, 800	0,455 7
IJs	—20—10	0,502
IJzer	0—100	0,109 8
,, ...	300	0,121 8

LICHAAM	Temperatuur in graden Celsius	Soortelijke warmte	Voor 1 M³
IJzer	1110—1200	0,190 0 calorie	
Gips		0,273	
Marmer		0,210	
Eikenhout		0,57	
Glas	0—100	0,177	
Goud	0—100	0,031 6	
Graphiet	10	0,20	
„	200	0,296 6	
Houtskool	0—225	0,314 5	
Cokes	tot 300	0,203 1	
Koper	0—100	0,094 9	
„	300	0,101 3	
Messing	20—50	0,245 0	
Nikkel	5—100	0,109 2	
„	300	0,140 3	
Platina	0—100	0,033 5	
Zilver	0—100	0,055 7	
Baksteen		0,215 0	
Kwarts		0,191	
Zink	0—100	0,092 7	
Tin	tot 300	0,056 2	
Aethylalcohol	„ 15	0,545	
Glycerine 100 %	15—50	0,576	
Petroleum	0—100	0,51	
Kwikzilver	0—100	0,033	
Terpentijnolie	0	0,410 6	
„	160	0,481 2	
Lucht	0—200 (bij constanten druk)	0,237	0,307
Zuurstof	0—200	0,217	0,311
Stikstof	0—200	0,243 5	0,306
Waterstof	0—200	0,41	0 305
Kooloxyde	0—200	0,242 5	0,303
Koolzuur	0—200	0,210 9	0,42
Waterdamp	0—200	0,480 5	0,39
Lichtgas	0—200		0,357
Rookgassen	0—200	gemidd.	0,32

D *warmtecapaciteit* van materialen wordt veelal uitgedrukt in calorieën per M³ van het lichaam; zij is dus de soortelijke warmte vermenigvuldigd met het soortelijk gewicht van het lichaam (per M³).

Verbranding.

Verbrandingswarmte.

De verbrandingswarmte of -waarde is de hoeveelheid warmte in calorieën (W.E.) welke een KG of M³ (gas) van een brandstof bij volkomen verbranding ontwikkelt en wordt experimenteel in een zoogenaamden calorimeter bepaald, maar kan ook uit de chemische samenstelling van de brandstof worden afgeleid, b.v. met behulp van de formule van *Dulong*.

Voor de bepaling van de verbrandingswarmte van vaste en ook van vloeibare brandstoffen bezigt men de calorimetrische bombe van *Berthelot-Mahler*, waar de verbranding met zuivere zuurstof geschiedt, terwijl voor gassen en ook voor vloeistoffen de gascalorimeter van Junker wordt gebruikt, waarbij de verbranding in vrije lucht plaats heeft.

Bezitten de brandstoffen waterstof, dan zal deze bij de verbranding in den vorm van waterdamp met de verbrandingsproducten ontwijken.

Bij afkoeling op de begintemperatuur zooals in den calorimeter, gaat deze waterdamp in verzadigden toestand en ten slotte tot water over, waarbij hij de verdampings- en vloeistofwarmte afgeeft, zoodat deze in de verbrandingswarmte zijn

begrepen. Bij de verbranding voor technische doeleinden ontwijkt evenwel de gevormde waterdamp met de rookgassen tengevolge van de hooge temperatuur dezer gassen en moet practisch de zuivere verbrandingswarmte (*bovenste* verbrandingswarmte) met de verdampingswarmte van het water worden verminderd om de z.g. *onderste* verbrandingswarmte of *stookwaarde* te krijgen. Deze is dus bij waterstofhoudende stoffen altijd lager, alleen voor zuivere koolstof zal geen verschil bestaan.

STOFFEN	Gemiddelde bovenste verbrandingswarmte in WE (KG-calorieën) of per M³ van het gas bij 0°, 760 mM	Gemiddelde onderste verbrandingswarmte of stookwaarde
Paraffine	11 000	—
Talk	8 400	—
Was	9 000	—
Hout met 20 % water	3 600—4 000	3 000
Beukenhout (13,0 % water)	4 168 (Gottlieb)	—
Dennenhout (12,2 „ „)	4 422 „	—
Eikenhout (13,3 „ „)	3 990 „	—
Pijnboomhout (11,8 „ „)	4 485 „	—
Spiritus	6 500	—
Houtskool	7 500—8 000	—
Luchtdroge turf	3 500—4 000	3 000
Bruinkolen met 20 % water, 5 % asch en 75 % brandbare deelen	5 000	4 700
Steenkolen		
jonge formatie	6 500	6 000—8 000
oudere „	7 500—8 200	
Anthraciet	tot 8 700	7 000
Limburgsche steenkolen	8 042—8 355	7 835—8 132
Ombiliënkolen*	7 623	7 321
Poeloe Laoetkolen*	6 015—6 708	5 728—6 619
Bengaalkolen*	6 952	6 015
Ruhr-kolen		7 650
Ruhrkolenbriketten	tot 8 000	5 000
Gascokes met 7—10 % asch	7 000	6 900
Aether	9 000	—
Alcohol	7 180	6 480 (KG)
Ruwe spiritus	5 700	—
Benzine	11 000	10 500
Benzol volgens *Stohlmann*		
vloeibaar bij constanten druk	9 997,0	—
„ „ constant volume	9 977,5	—
dampvorm bij constanten druk	10 096,0	—
„ „ constant volume	10 041,0	—
Petroleum (lampen)	10 300	—
„ (ruwe)	10 800—11 000	10 500
Ruwe Amerikaansche petroleum	11 094,1 (Mahler)	—
Geraffineerde „ „	11 045,7 „	—
Ruwe petroleum uit Baku	10 804,6 „	—
Geraffineerde „ „ „	10 328,0 „	—
Dieselolie (Ned.-Indië)*	10 707—10 751	10010—10057
Residu („)*	10 350—10 689	9468— 9937
Raapolie	9 300	—
Terpentijnolie	10 800	—
Waterstof	34 200 (KG) 3 070 (M³)	28 800 (KG) 2 570 (M³)
Kooloxyde (CO)	2 440 (KG) 3 050 (M³)	—
Methaan (CH_4)	13 240 (KG) 9 470 (M³)	11 910 (KG) 8 510 (M³)

*) Volgens onderzoek op het Laboratorium B. O. W. in Ned.-Indie.

STOFFEN	Gemiddelde bovenste verbrandingswarmte in WE (KG-calorieën) of per M^3 van het gas bij 0°, 760 mM	Gemiddelde onderste verbrandingswarmte of stookwaarde
Steenkolengas	5 100—5 300	—
Watergas, gecarbureerd	4 400—4 470	—
„ ongecarbureerd . . .	2 600	—
Krachtgas of halfwatergas . . .	1 000—1 200	1 250 (KG) 1 300 (M^3)
Generatorgas uit cokes	7 50	—
„ uit kolen	1 050	839
Oliegas	8 270	—
Luchtgas (250 gr. pentaan in 1 M^3)	2 900	—
Acetyleen	13 000	—
Hoogovengas	950	—
Cokesovengas	4 000	—
Lichtgas	10 700 (KG) 5 500 (M^3)	9 700 (KG) 5 000 (M^3)
Dynamiet (75 %)	1 290,0 (Roux en Sarzau)	—
Schietkatoen	1 056,3 (Roux en Sarzau)	—
Cellulose	—	4 025—4 200
Suikerrietblad (ongedroogd) . .	—	3 685
„ (watervrije stof) .	—	4 115
„ („ organische stof)	4 687	—
Suikerriet vezelstof.		
„ „ (ongedroogd) .	—	4 215—4 270
„ „ (watervrije stof)	—	4 660—4 700
„ „ („ organische stof)	4 755—4 789	—
Djatihout (oud) ongedroogd . .	—	4 508
„ (jong) „ . . .	—	3 304
Melasse	—	2 953

De verbrandingstemperatuur, d. i. de temperatuur van het brandende lichaam, wordt berekend uit de verbrandingswarmte, wanneer de soortelijke warmte bekend is en is gelijk aan het quotiënt van de beide laatste.

Om uit de tabel de stoffen te kiezen, welke voor het bereiken van hooge temperaturen in aanmerking komen, moet men niet alleen op de grootste verbrandingswarmte letten, maar ook op den aard der verbrandingsproducten. Zijn deze gasvormig, dan ontwijken de gassen met een groot aantal calorieën, welke voor het opvoeren der temperatuur verloren gaan. Verder is van invloed de verhouding, waarin waterdamp en koolzuur bij dezelfde verbranding optreden. Men bereikt b.v. met acetyleen hoogere temperatuur dan met waterstof bij gelijke hoeveelheden, omdat de bij waterstof ontwikkelde waterdamp door zijn grootere soortelijke warmte meer calorieën doet verloren gaan dan het koolzuur, dat bij acetyleenverbranding gevormd wordt. De voorkeur verdient dus een brandstof, welke een vast verbrandingsproduct levert met geringe soortelijke warmte.

Benoodigde hoeveelheid lucht voor verbranding van verschillende gassen per M^3.

BRANDSTOF	Hoeveelheid lucht in M^3
Kooloxyde	2,39
Waterstof	2,38
Methaan	9,54
Acetyleen	11,93
Alcoholdamp	14,31
Aether	28,63
Benzoldamp	35,78
Pentaan (benzine)	38,17
Watergas	2,15
Lichtgas	5,21

Oplosbaarheid van stoffen.

Absorptie van gassen in 1 Liter water.

1 Liter water lost bij normalen druk (760 mM) op bij

	0°	5°	10°	15°	20°	Celsius.
aan lucht	25	22	20	18	17	cM³
„ zuurstof	41	36	33	30	28	„
„ stikstof	20	18	16	15	14	„
„ kooloxyde	33	29	26	24	23	„
„ aethyleen	256	215	184	161	149	„
„ koolzuur	1,797	1,450	1,185	1,002	0,901	„
„ zwavelwaterstof	4,371	3,965	3,586	3,233	2,905	„
„ ammoniak.	1049,6	917,9	812,8	727,2	654,0	„

Oplosbaarheid van stoffen in water:

100 gewichtsdeelen water lossen op aan

watervrij zout	gewichtsdeelen bij temperatuur van		
	0°	20°	100° C.
Keukenzout $NaCl$	35,5	36,0	39,2
Chloorkalium KCl	28	35	57
Kaliumchloraat $KClO_3$	3	7	56
Kaliumchromaat $K_2Cr_2O_7$	5	12	94
Chloorammonium NH_4Cl	28	37	73
Chloorcalcium $CaCl_2$	50	74	155
Gips $CaSO_4$	0,19	0,21	0,27
Magnesiumsulfaat $MgSO_4$	27	36	74
Zilvernitraat $AgNO_3$	122	220	900
Rietsuiker	179	204	490

Niet of moeilijk bevriezende vloeistoffen.

Calciumchloride-oplossing. Zij werkt evenwel in op metalen, zooals soldeer, aluminium, enz. Een voordeel is, dat zij niet vluchtig is.

Mengsels van glycerine en water of alcohol. Voldoen goed.

Oplossingen van alcohol of houtgeest in water. Deze hebben het nadeel, dat de opgeloste stof verdampt en dat houtgeest dikwijls azijn bevat, dat metaal aantast. Oplossing van alcohol in water is zeer bruikbaar, daar hierbij ook de sterkte geregeld kan worden gecontroleerd.

Eigenschappen van de lucht.

100 M³ zuivere lucht bevatten 21 M³ zuurstof en 79 M³ stikstof
of 100 KG „ „ „ 23,2 KG „ „ 76,8 KG „

Buitenlucht bevat, behalve zuurstof en stikstof, nog waterdamp, koolzuur, argon, sporen van andere gassen en vaste deeltjes als stof, enz.

Gemiddeld koolzuurgehalte van buitenlucht is 0,3‰ (volumedeelen) en in steden 0,4‰.

Gemiddelde druk der lucht op het oppervlak der zee of 1 atmosfeer druk = 760 mM kwikzilverhoogte = 10,333 M waterhoogte = 10 333 KG/M² of rond 1 KG cM².

De uitzetting van de lucht bij 1° temperatuursverhooging is α = 0,003 670 6 (volgens *Regnault*) of ongeveer $^1/_{273}$ van haar volume.

Gewicht van lucht: 1 M³ droge lucht van 0° C. weegt bij 760 mM barometerstand 1,293 KG en bij t° C. en *b* mM barometerstand:

$$\frac{1,293}{1 + \alpha t} \; \frac{b}{760} \; \text{KG/M}^3$$

Gewicht van 1 Liter droge lucht in Gr. bij verschillende temperaturen en barometerstanden. [1])

Temp.	740 mM	750 mM	760 mM	770 mM
0	1,259	1,276	1,293	1,310
1	1,255	1,272	1,289	1,306
2	1,250	1,267	1,284	1,301
3	1,246	1,262	1,279	1,296
4	1,241	1,258	1,275	1,291
5	1,237	1,253	1,270	1,287
6	1,232	1,249	1,266	1,282
7	1,228	1,244	1,261	1,278
8	1,223	1,240	1,257	1,273
9	1,219	1.236	1,252	1,269
10	1,215	1,231	1,248	1,264
11	1,211	1,227	1,243	1,260
12	1,206	1,223	1,239	1,255
13	1,202	1,218	1,235	1,251
14	1,198	1,214	1,230	1,246
15	1,194	1,210	1,226	1,242
16	1,190	1,206	1,222	1,238
17	1,185	1,201	1,218	1,234
18	1,181	1,197	1,213	1,229
19	1,177	1,193	1,209	1,225
20	1,173	1,189	1,205	1,221
21	1,169	1,185	1,201	1,217
22	1,165	1,181	1,197	1,213
23	1,161	1,177	1,193	1,209
24	1,158	1,173	1,189	1,204
25	1,154	1,169	1,185	1,200
26	1,150	1,165	1,181	1,196
27	1,146	1,161	1,177	1,192
28	1,142	1,158	1,173	1,188
29	1,138	1,154	1,169	1,184
30	1,135	1,150	1,165	1,181

1 M^3 vochtige lucht van t° C. weegt bij *b* mM barometerstand en S mM (kwikzilver) spanning van den zich in de lucht bevindenden waterdamp:

$$1{,}293 \frac{b - {}^3/_8\, S}{(1 + \alpha\, t)\; 760}\ \text{KG/M}^3.$$

Vochtige lucht is lichter dan het gelijke volume droge lucht.

Benaderend kan het gewicht van gemiddeld vochtige lucht volgens *H. Fischer* gesteld worden op:

$$1{,}3 - 0{,}004\ t\ \text{KG/M}^3.$$

Watergehalte van de lucht: 1 M^3 lucht van t° C. bij S mM spanning van den waterdamp bevat

$$^5/_8\ \frac{1{,}293\ S}{(1 + \alpha\ t)\ 760} = 0{,}001\ 063\ \frac{S}{1 + \alpha\, t}\ \text{KG water in dampvorm.}$$

Gegevens betreffende electrische verschijnselen.

Theorieën betreffende het wezen van de electriciteit en het magnetisme.

Volgens de ethertheorie van *Faraday*, welke door *Maxwell* werd uitgewerkt, zouden alle electrische en magnetische werkingen van een geladen lichaam op een ander daarvan gescheiden lichaam tot stand komen met behulp van den zich in de daartusschen gelegen ruimte bevindenden ether, waarbij deze ether zich tegenover de beweging

[1]) Met betrekking tot water van 4° als eenheid, voor 45° breedte.

van de electriciteit gedraagt als een elastisch vast lichaam tegenover een materieele beweging. In geleiders is de gedraging als een vloeistof met groote viscositeit tegenover een materieele beweging, dus de weerstand van anderen aard.

Het magnetisme wordt verder veroorzaakt door de electriciteit, een andere speciale bron bestaat daarvoor niet.

Toen evenwel meerdere verschijnselen moesten worden verklaard, kwam men tot de atomistische structuur van de electriciteit en dacht men deze opgebouwd uit onnoembaar kleine geladen deeltjes, de zg. „electronen," reeds in 1880 door *H. A. Lorentz* opgesteld. Volgens de moderne *electronentheorie* wordt dan ook de electriciteit beschouwd als te zijn opgebouwd uit electronen, duizenden malen kleiner dan de atomen (de massa van een electroon wordt aangenomen op $\pm$ 8,8 $\times$ 10^{-28} Gram) uit een molecule der materie. De theorie voert alle electrische, magnetische en electromagnetische verschijnselen terug tot de verdeeling, beweging en onderlinge verhouding der electronen. Ook op het gebied van warmte en licht is de theorie met gelukkig gevolg overgebracht. Er zijn volgens de theorie alleen negatief geladen electronen, welke de stof (gelijk de ether) doordringen; positief geladen electronen zijn er volgens den tegenwoordigen stand der wetenschap niet. Positief geladen materiedeeltjes zijn, voor zoover bekend, nooit kleiner dan atomen. Een positief geladen atoom is dit geworden, doordat het één of meer zijner negatieve electronen heeft verloren, waardoor de positieve kern tot uiting komt.

Een neutraal atoom der stof heeft een positieve kern, verbonden met zooveel electronen, dat de positieve lading daardoor wordt geneutraliseerd.

In een geleider kunnen de electronen de moleculen verlaten; in een isolator zijn ze daartoe niet of in geringe mate in staat. Het verschil tusschen geleidingsvermogen wordt dus bewerkt door krachten, die op de electronen werken, wanneer zij de moleculen verlaten hebben.

Wordt nu tusschen twee metaalplaten met tegengestelde lading een isolatie gebracht, dan zal aan den kant van de positieve plaat elk electroon van de isolatie een weinig naar dien kant worden verschoven en de molecule-rest positief geladen aan den kant der negatieve plaat achterblijven. In het inwendige der isolatie heeft geen verandering van samenstelling plaats. In een geleider verlaten de electronen de moleculen gemakkelijker; is hij gesloten, dan werkt een electrisch veld op de electronen een kracht uit, waardoor zij onophoudelijk en geregeld in een bepaalde richting bewegen.

In metalen en daarmede gelijk te stellen stoffen (legeeringen, kool) hebben de electronen eigenschappen van gasmoleculen, die bewegingsenergie bezitten en een snelheid, die vele malen grooter is dan van een atoom of molecule. De electronen, die door het electrisch veld een toename van energie krijgen in bepaalde richting, verliezen deze weder bij elke botsing en staan deze in den vorm van warmte aan de omgeving af of verhoogen de temperatuur van den geleider. De warmtegeleiding in de metalen zelf geschiedt door botsing der geladen deeltjes, die in het warmer deel een grootere kinetische energie bezitten dan in het koudere. Hoofdzakelijk moet alleen aan botsingen tusschen electronen en moleculen waarde worden toegeschreven.

Alleen vrije electronen vormen den electrischen stroom, daar b.v. atomen dit alleen kunnen doen, wanneer zij zich negatief geladen toonen en waarbij zij door hun grootere massa meer weerstand krijgen om vooruit te komen.

Bij de electrolyten (zuren, zouten en basen) is de geleiding verbonden met ontleding der stof in haar chemische bestanddeelen. Daar metalen ieder naar zijn soort een verschillend aantal negatieve electriciteitsdeeltjes of electronen bevatten, heeft bij contact van verschillende metalen een wederzijdsche uitwisseling van die electronen plaats en wel in overwegende richting van het rijkere naar het armere metaal en wordt het laatste negatief ten opzichte van het eerste. Bij groot geleidend vermogen als bij metalen gaat de strooming gemakkelijker dan bij isolatoren, waarbij het contact zoo innig mogelijk moet worden gemaakt (stijf tegen elkaar wrijven).

Een potentiaalverschil treedt ook op, wanneer 2 verschillende metalen in een zuur of zoutoplossing worden gezet. Over de wijze, waarop de electromotorische kracht hierin ontstaat, is nog geen afdoende verklaring gegeven.

Eenige begrippen bij electrische verschijnselen.

(Zie ook Electrische eenheden, bldz. 137.)

Een *electrisch veld* ontstaat in de omgeving van een geladen lichaam en omvat de ruimte, waarin een toestandsverandering plaats heeft. Het kan worden waargenomen door het in dit veld brengen van een proeflading. De rechte lijn in de richting

van de op deze proeflading uitgeoefende kracht heet de *krachtlijn* en de grootte van de kracht is de *intensiteit van het electrisch veld* ter plaatse.

Een punt van het electrisch veld, door zekere lading opgewekt, heeft een *potentiaal*, zijnde de arbeid (in ergs), noodig om de eenheid van hoeveelheid lading of electriciteit (electrostatische) van oneindig ver naar het punt te brengen.

Een vlak door de punten met gelijke potentiaal heet *equipotentiaal* of *niveauvlak*.

De hoeveelheid electriciteit, die een geleider laadt op de eenheid van (electrostatische) veldsterkte, heet de (electrostatische) *capaciteit* van den geleider, alzoo

$$\text{capaciteit} = \frac{\text{electriciteitshoeveelheid}}{\text{potentiaal.}}$$

Onder *electromotorische kracht* verstaat men de kracht, waardoor electriciteit wordt opgewekt en ze wordt in spanningsverschil (Volts) gemeten. Het contact van verschillende metalen doet een electromotorische kracht ontstaan, evenals ook door het plaatsen van twee metalen in een bepaalde vloeistof een potentiaalverschil kan optreden (*elementen*, zie bldz. 442)

Onder *stroomsterkte* wordt verstaan de hoeveelheid electriciteit, welke per tijdseenheid door een dwarsdoorsnede van een stroombaan gaat en die in Ampère's gemeten wordt.

De *weerstand* van een geleider is de eigenschap van dien geleider om een deel der electrische energie in den vorm van (Joule'sche) warmte te absorbeeren; hij hangt van lengte, doorsnede, temperatuur en stof van den geleider af. De weerstand in Ohms van een lengte van 1 Meter met een doorsnede van 1 mM^2 bij 15° C. heet de *soortelijke weerstand*; het *soortelijk geleidingsvermogen* is de wederkeerige waarde nl. 1 gedeeld door den soortelijken weerstand. Het geleidingsvermogen neemt bij stijgende temperatuur bij bijna alle geleiders af, (zie bldz. 443)

Condensatoren.

Condensatoren bestaan uit metaalplaten op geringen afstand parallel tegenover elkaar gesteld en gescheiden door een isoleerende laag. Beide platen worden op een ongelijke spanning gebracht, zoodat een potentiaalverschil ontstaat. De lading van een condensator is gelijk aan zijn capaciteit maal het potentiaalverschil. De capaciteit van een condensator verandert met de soort van isoleerende stof. Het getal, dat uitdrukt, hoeveel maal de capaciteit stijgt in plaats van lucht als isoleerend medium, heet *diëlectriciteitsconstante*. Zij is voor

Water	81	Zwavel	3,5 à 4,1	Lucht	1,000 59
Mierenzuur	62,3	Paraffine	2 à 2,31	Koolzuur	1,000 94
Methylalcohol	34	Schellak	2,7 à 3,6	Waterstof	1,000 264
Petroleum	1,92 à 2,16	Gummi	2,2 à 2,9		
Oliën	2 à 5	Kroonglas	9		
		Eboniet	2,74 à 2,91		
		Kwarts	4,73		

Wetten van den electrischen stroom:

1. *Wet van Ohm*:

$$\text{De stroomsterkte } I = \frac{E}{R} = \frac{\text{electromotorische kracht}}{\text{som der weerstanden}}$$

2. *Wetten van Kirchhoff*:

a. Bij een stelsel geleiders is in elk aansluitingspunt de algebraïsche som der intensiteiten van de aan dat punt samenkomende stroomen gelijk nul of $\Sigma I = 0$.

b. In een stelsel geleiders, die een gesloten figuur vormen, is de algebraïsche som der producten van intensiteiten en weerstanden gelijk aan de algebraïsche som der electromotorische krachten of

$$\Sigma I R = \Sigma E.$$

Uit *a* en *b* volgt, dat bij verdeeling van den stroom in takken, waarin geen electromotorische krachten voorkomen, de stroomsterkten in deze takken zich verhouden tot de weerstanden als:

$$i_1 : i_2 : i_3 \ldots\ldots = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} \ldots\ldots$$

De totale weerstand R van parallel geschakelde geleiders is

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots\ldots \frac{1}{r_n}$$

3. *Werking van stroomen op stroomen. Wetten van Ampère.*

a. Evenwijdig en gelijkgerichte stroomen trekken elkaar aan, evenals stroomen, welke een hoek met elkaar maken en beide van het hoekpunt af of naar het hoekpunt toe gericht zijn.

b. Evenwijdige en tegengestelde stroomen stooten elkaar af, evenals stroomen, die een hoek maken en waarvan de een naar het hoekpunt toe en de andere van het hoekpunt af is gericht.

4. *Werking van stroomen op magneten.*

Denkt men zich in een geleider liggend volgens de richting van den electrischen stroom, zoodat deze bij de voeten intreedt en kijkt men naar een magneetnaald, gelegen in een vlak, dat door de oogen loodrecht op den geleider staat, dan zal de noordpool door de werking van den stroom naar links uitwijken *(regel van Ampère)*.

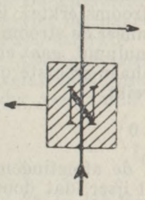


Fig. 1.

Is b.v. N de noordpool — de krachtlijnen zijn dus naar den beschouwer toegericht — (fig. 1), waarvoor zich een geleider bevindt, waardoor een stroom van beneden naar boven gaat, dan zal de geleider zich naar rechts of de pool naar links bewegen.

Gaat de stroom door de wikkelingen van een solenoïde (spoel) volgens de wijzers van een uurwerk, dan zal, wanneer men tegen een der eindvlakken van de solenoïde kijkt, dit eindvlak zuidpool en het andere eindvlak noordpool zijn.

5. *Geïnduceerde stroomen. Wetten van Faraday.*

In een geleider ontstaat een stroom tegengesteld aan dien in een naburigen induceerenden geleider, wanneer daarin een stroom aanvangt, toeneemt, of als die geleider tot den eersten nadert, en omgekeerd ontstaat een gelijkgerichte stroom, wanneer in den naburigen geleider een stroom wordt verbroken, afneemt of deze geleider van den eersten verwijderd wordt.

Beweegt zich een vertikale geleider vóór de noordpool van een magneet van links naar rechts, dan wordt in dezen geleider een stroom geïnduceerd van boven naar beneden. Beweegt zich dezelfde geleider voor de zuidpool van een magneet, dan gaat de geïnduceerde stroom van beneden naar boven.

In het algemeen: Denkt men zich in de richting van de krachtlijnen geplaatst zoodanig, dat de krachtstroom bij de voeten in- en bij het hoofd uittreedt en wendt men het gezicht naar de bewegingsrichting van den geleider, dan is de geïnduceerde electromotorische kracht naar rechts gericht *(regel van Faraday)*.

De grootte der geïnduceerde electromotorische kracht is evenredig met de snelheid, waarmede de verandering van de sterkte van den krachtstroom, die het vlak van den geleider snijdt, plaats heeft, of is N het aantal gesneden krachtlijnen, dan is

$$E = -\frac{dN}{dt}$$

Beschrijft een geleider van de lengte *l* in een tijdsverloop *dt* een weg *ds*, dan is, wanneer de sterkte van het magnetisch veld = H is:

$$dN = H\,l\,ds$$

en

$$E = -H\,l\,\frac{ds}{dt} = -H\,l\,v \quad \text{in CGS eenheden.}$$

6. *Wet van Lenz:*

Wordt door de beweging van een geleider in een magnetisch veld een stroom opgewekt, dan oefent het veld op den geleider een kracht uit, welke aan de bewegingsrichting tegengesteld is.

7. *Electrische arbeid. Wet van Joule.*

Gaat door een geleider van r Ohm weerstand een stroom van i Ampère, dus met een klemspanning van e = ir Volt aan de uiteinden, dan wordt in dien geleider een arbeid verbruikt gelijk aan

$$A = ei = i^2r \text{ Watt per secunde of Joule.}$$

Wordt deze arbeid gebruikt voor verwarming van den geleider, dan is het aantal ontvangen calorieën per secunde:

$$W = \frac{i^2r}{9{,}81 \times 427} \quad \text{waarin 427 het mechanisch warmte-equivalent.}$$

Wisselstroom (theorie).

Men verstaat onder een wisselstroom in het algemeen een electrischen stroom, welke in sterkte en richting periodisch volgens een vaste wet verandert. Het verloop kan volgens een sinussoïde zijn (fig. 2) ofschoon dit niet bepaald noodig is. Door het wisselend groeien en afnemen van de stroomsterkte zal een magnetisch veld van wisselende grootte en zin worden opgewekt, hetwelk een electromotorische kracht van zelfinductie E_z opwekt, welke kan worden voorgesteld door

$$E_z = -\frac{dN}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \quad \ldots (1)$$

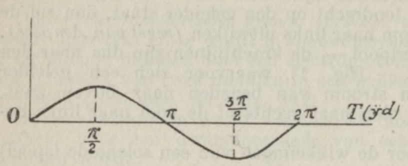


Fig. 2.

dus evenredig aan den coëfficiënt van zelfinductie L en de snelheid, waarmede de stroomsterkte toe- of afneemt. De stroomsterkte is dus het grootst, wanneer de stroomkromme door het nulpunt gaat en het kleinst, als zij haar grootste of kleinste waarde bereikt.

$$\left(\frac{dI}{dt} = 0\right)$$

De coëfficiënt van zelfinductie L is afhankelijk van den vorm, de afmetingen, het aantal windingen van den geleider en de permeabiliteit van het ijzer, dat door den geleider begrensd wordt.

De stroomsterkte wordt dus voorgesteld door:

$$I = \frac{E + E_z}{R} \quad \ldots\ldots (2)$$

Volgt deze stroomsterkte de sinuswet, dan is, wanneer I_0 de maximumwaarde voorstelt, ook

$$I = I_0 \sin \omega t \quad \ldots\ldots (3)$$

waarin ω de hoeksnelheid, of in verband met (1) en (2)

$$\frac{E + E_z}{R} = I_0 \sin \omega t$$

of

$$E = I_0 R \sin \omega t - E_z = I_0 R \sin \omega t + L\frac{dI}{dt}$$

of daar

$$\frac{dI}{dt} = \omega I_0 \cos \omega t = \omega I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

wordt

$$E = I_0 R \sin \omega t + L \omega I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= I R + L \omega I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right).$$

In den geleider treedt dus behalve de gewone Ohmsche spanning een andere spanning $L \omega I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ op, welke als kromme in beeld gebracht een phasevertraging van $\frac{\pi}{2}$ of 90° heeft.

De machinespanning moet nu zooveel grooter zijn om de spanning, door de zelfinductie veroorzaakt, op te heffen (inductiefspanningsverlies). Uit de phaseverschuiving volgt, dat de maximum spanning niet tegelijk optreedt met de maximum stroomsterkte, maar later.

Deze phase-vertraging wordt uitgedrukt door den factor φ, waarvan de grootte theoretisch kan worden afgeleid en wordt uitgedrukt door

$$\frac{\omega L}{R} = \text{bg tg}\varphi$$

en dus geheel onafhankelijk is van de stroomsterkte.

De maximum waarde vindt men voor $\frac{\omega L}{R} = \infty$ of $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90°$
($^1/_4$ phaseverschil ten opzichte van den hoek 2π).
De maximumwaarde van de stroomsterkte zal dientengevolge zijn

$$I_0 = \frac{E_0}{R\sqrt{1 + tg^2\varphi}} = \frac{E_0}{R \cos\varphi}$$

of

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

dus een gelijksoortige formule als bij de wet van Ohm; alleen wordt de weerstand uitgedrukt door $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ (schijnbare weerstand of impedantie).
De grootheid ωL heet de inductieve weerstand of reactantie.
Het inschakelen van verbruikstoestellen met een hooge zelfinductie doet dus de stroomsterkte verminderen.
Onder de *spanning of stroomsterkte van een wisselstroom* wordt in het algemeen verstaan de middelbare waarde daarvan, zijnde de wortel uit de gemiddelde som der vierkanten van de waarden gedurende een halve periode nl.

$$I_m = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} I^2\,dt} \quad \text{of} \quad I_m = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0{,}71\ I_0$$

Zij is ook de waarde, die men altijd meet (met electrodynamometers en hittedraadmeters).

Scheikundige werking van den electrischen stroom.

De geleiders, welke door den electrischen stroom ontleed worden, noemt men *electrolyten*; de geleiders, welke den stroom toevoeren, noemt men *electroden*.
De *anode* is de positieve en de *kathode* de negatieve electrode.
De *ionen* zijn de bestanddeelen, waarin de electrolyt gesplitst wordt en geacht worden reeds vooraf in de vloeistof aanwezig te zijn. Zij bezitten een electrische lading, waaraan de electrolyten hun geleidingsvermogen te danken hebben. Positief geladen ionen noemt men *kathionen*, negatief geladen ionen heeten *anionen*. De metalen en ook waterstof zijn steeds overbrengers van positieve electriciteit of kathionen, van de niet-metalen gaan chloor, broom, jood en fluoor steeds in tegengestelde richting van den ontledenden stroom m. a. w. zij zijn anionen. Tot deze behooren ook de zuurresten SO_4, PO_4, NO_3, enz. en de hydroxylgroep OH der basen.
Wet van Faraday. De aan een electrode vrijkomende gewichtshoeveelheid van een element of verbinding is evenredig met de electriciteitshoeveelheid, welke door den electrolyt gevoerd wordt of

$$m = c \cdot i \cdot t$$

waarin
m = gewichtshoeveelheid in milligrammen,
i = stroomsterkte in Ampère,
t = tijd in seconden,
c = factor, welke recht evenredig is met het atoomgewicht (a) en omgekeerd evenredig met de verbindingswaarde of valentie k (waterstof = 1) of proefondervindelijk gelijk aan

$$0{,}010\,386\ \frac{a}{k}$$

Uit het bovenstaande volgt ook, dat dezelfde electriciteitshoeveelheid in verschillende electrolyten evenveel valenties ontbindt en dat de door gelijke electriciteitshoeveelheden vrijkomende gewichtshoeveelheden zich verhouden als de chemische equivalentgewichten.
Het *electrochemische equivalentgewicht* van een element of verbinding is de gewichtshoeveelheid in milligram van het element of de verbinding, welke door een stroom van 1 Ampère in 1 secunde wordt vrijgemaakt.
Het is uit bovenstaande formule af te leiden.
Voor tweewaardig kopêr met a = 63,2 en k = 2 wordt dus dit gewicht

$$\frac{0{,}010\,386 \times 63{,}2}{2} = 0{,}328$$

Polarisatie. Een ontledingscel, waardoor een stroom gaat van grootere spanning dan de cel zelf kan voortbrengen, levert na uitschakelen van den stroom een electromotorische kracht, welk gewoonlijk groot is in vergelijking met het spanningsverlies, hetwelk tengevolge van den weerstand der cel optreedt.

De klemspanning der cel is

$$e = E_p + i\ w$$

waarin E_p de electromotorische kracht der polarisatie. Het effect $E_p \times i$ is gelijk aan dat, hetwelk is aangewend om de vloeistof te ontleden en behoudt voor dezelfde scheikundige samenstelling van een electrolyt dezelfde waarde.

Volgens de wet van *Faraday* wordt door 1 Ampère gedurende 1 secunde of door 1 Coulomb een gewichtshoeveelheid ontleed gelijk aan het moleculair gewicht van de stof, gedeeld door de verbindingswaarde (het gram-equivalent). Volgens de wet van *Joule* (zie bldz. 439) is de vrijkomende electrische arbeid gelijk te stellen aan $\frac{x}{0{,}24}$ als x de vrijkomende warmte in gramcalorieën voorstelt door de vorming van 1 gram-equivalent, zoodat

$$\frac{E_p}{0{,}010\ 386 \times 10^{-3}} = \frac{x}{0{,}24}$$

of

$$E_p = \frac{x}{23\ 000}$$

In werkelijkheid is de tegen-electromotorische kracht grooter dan de berekende.

Stroomvoortbrengers.

a. Elementen.

Natte elementen.

Naam van het element.	Samenstelling.	Electromotorische kracht in Volt.	Inwendige weerstand in Ohm. (Veranderlijk naar gelang van de afmetingen).
Leclanché . .	Geamalgameerd zink en een mengsel van bruinsteen en kool in een oplossing van 100 gram chloor-ammonium op 1 L water.	± 1,5	0,24—0,70
Daniell . . .	Geamalgameerd zink in verdund zwavelzuur, koper in een oplossing van geconcentreerd kopersulfaat.	± 1	0,7
Meidinger . .	Zink in een oplossing van zwavelzure magnesia, koper in een oplossing van geconcentreerd kopersulfaat.	± 1	10,1
Bunsen . . .	Geamalgameerd zink in verdund zwavelzuur en koolcilinder in geconcentreerd salpeterzuur.	± 1,8	0,24
Chroomzuur element	Zink tusschen twee koolplaten in een oplossing van 1 gew. deel chroomzure kali op 2 gew. deelen sterk zwavelzuur in 12 gew. deelen water.	± 1,9	
Cupron . . .	Zink- en koperoxyd-electrode gedompeld in kaliloog.	± 1	0,008—0,07
Latimer—Clark (normaal element)	Geamalgameerd platinaplaatje en geamalgameerde zinkstaaf in zinksulfaatoplossing.	constant 1,432 85 bij 15 Celsius	

Droge elementen hebben meestal een kleineren vorm en geringeren inwendigen weerstand 0,15—0,6 Ohm en een electromotorische kracht van 1,10—1,55 Volt, welke weinig constant blijft. Zij bestaan veelal uit zink- en koolelectroden in een poreuse massa, welke de toch noodige vloeistof vasthoudt.

Spanningsrij van metalen.

De metalen zijn volgens *Pfaff* in zoodanige opvolging geplaatst, dat elk metaal door aanraking met een volgend *positief* geladen wordt:
Zink—Cadmium—Tin—Lood—Wolfram—IJzer—Bismuth—Antimoon—Koper—Zilver—Goud—Uranium—Tellurium—Platina—Palladium.

Schakeling van elementen.

Heeft men n rijen, elk bestaande uit p afzonderlijke, achter elkaar geplaatste elementen, naast elkaar verbonden en is E de electromotorische kracht en r de inwendige weerstand van elk element, dan is bij een uitwendigen weerstand R in de geleiding, de stroomsterkte

$$I = \frac{pE}{\frac{pr}{n} + R}.$$

b. Generatoren of mechanische stroomvoortbrengers.

Zij worden onderscheiden naar den aard van den voortgebrachten stroom, welke wordt opgewekt door de beweging van geleiders in een magnetisch veld. Wordt dit opgewekt door *permanente* magneten, dan heeft men z.g. *magneto's* in tegenstelling met de electromagneten.

Machines, welke zelf den stroom leveren voor bekrachtiging der veldmagneten, heeten *dynamo's;* bekrachtiging door vreemde stroombron is uitzondering. (Zie verder bij Electrische stroomstelsels.)

Nuttige arbeid in ketens.

Is R de weerstand van de uitwendige keten, i de stroomsterkte in de keten, r die in den stroomvoortbrenger, E_0 de opgewekte electromotorische kracht (welke den stroom voortbrengt) en E het spanningsverschil tusschen de beide klemmen, waar de uitwendige geleiding aanvangt, of de klemspanning, dan is de arbeid in de geheele keten verricht: $E_0 i = i^2(R + r)$

en de arbeid in de uitwendige geleiding verricht: $Ei = i^2R$

en het nuttig effect: $\eta = \frac{R}{R + r}$

Den maximum arbeid in de uitwendige keten krijgt men, wanneer de uitwendige weerstand gelijk is aan den inwendigen weerstand van den stroomvoortbrenger, in welk geval het nuttig effect gelijk 0,50 is.

Weerstand en geleidingsvermogen.

De soortelijke weerstand is de weerstand in Ohm van een lengte van 1 Meter met een doorsnede van 1 mM^2 bij 15° Celsius; het soortelijk geleidingsvermogen is de wederkeerige waarde, nl. 1 gedeeld door den soort. weerstand. Het geleidingsvermogen neemt bij stijgende temperatuur bij bijna alle geleiders af.

MATERIAAL	Soortelijk geleidings-vermogen	Soortelijke weerstand.	MATERIAAL	Soortelijke weerstand in Ohm per cM^1, cM^2
Koper	58	0,017	Marmer	500.10^6
Aluminium. . . .	25	0,03	Mica	23.10^{12}
Zink	17	0,06	Guttapercha	450.10^{12}
Geelkoper	14	0,071	Glas	$7,4 .10^{12}$
Platina	± 7	0,14	Eboniet	$4.000.10^{12}$
IJzer zacht . . .	± 15	± 0,7	20 % $AgNO_3$	13
„ hard . . .	10	0,10	„ HCl	1,4
Lood	4,8	0,21	„ NH_4Cl	3,2
Nieuwzilver . . .	± 3,0	± 0,33	„ HNO_3	1,5
Nikkel	—	0,12	—	—
Nikkeline	± 2,4	± 0,42	„ H_2SO_4	1,6
Kwikzilver . . .	± 1,0	0,95	40 % „	1,6
Kool	0,01—0,001	100 tot 1000	80 % „	10

Het soortelijk geleidingsvermogen van zuiver koper is 61,1; een alliage van koper met 3 % aluminium geeft een 5½ maal zoo grooten weerstand.

Koper met een geleidingsvermogen van 100 % is koper, waarvan het geleidingsvermogen gelijk 60 is. Handelskoper mag geen lager geleidingsvermogen hebben dan 57; verzinkt ijzeren telegraafdraad en bronsdraad resp. niet lager dan 13 en 94 % van het geleidingsvermogen van zuiver koper.

Het soortelijk geleidingsvermogen van stalen rails variëert van 5 tot 7 (gemidd. 5,2).

Bij wisselstroom heeft men te rekenen behalve met den gewonen Ohmschen weerstand (resistantie) met nog een inductieven weerstand (reactantie) het gevolg van de zelfinductie, welke optreedt bij het wisselen van den stroom. Deze zelfinductie, welke de verandering van den stroom tegenwerkt, maakt, dat bij wisselstroom hoogere spanning noodig is om door een geleider een bepaalden stroom te laten gaan dan bij gelijkstroom en heeft het effekt, alsof de weerstand grooter is geworden.

De totale of schijnbare weerstand (impedantie) in een wisselstroomgeleider is

$$\sqrt{\omega^2 + (2\pi f L)^2}$$

waarin ω = Ohmsche weerstand
f = aantal perioden per secunde of frequentie
L = coëfficiënt van zelfinductie.
en $2\pi f L$ = inductieve weerstand of reactantie.

Scheikundige gegevens.

Litteratuur.

W. Uitterdijk. — Inleiding tot de scheikunde en haar toepassingen in de practijk, 2e druk f 3,75, geb. f 4,65. Æ. E. Kluwer, Deventer.

E. C. Sutherland — Scheikunde en techniek, f 1,50; geb. f 1,95. Æ. E. Kluwer, Deventer.

H. E. Roscoe en C. Schorlemmer. — Ausführl. Lehrbuch der Chemie. 9 dln.

Scheikundige elementen met hun valentie en atoomgewichten.

Vroeger werden de atoomgewichten bepaald met de waterstof als eenheid. Hierbij was het atoomgewicht van zuurstof 15,88. Deze eenheid had het practische bezwaar, dat bij de noodig geworden verandering van de verhouding van zuurstof en waterstof, op grond van nauwkeuriger bepaling, alle overige atoomgewichten moesten worden gewijzigd. In 1904 zijn daarom de internationaal aangenomen atoomgewichten bepaald naar het atoomgewicht van zuurstof, waarbij dit willekeurig op 16 aangenomen werd. Deze aanname geeft voor eenige dikwijls voorkomende atoomgewichten geheele getallen of bijna geheele getallen, hetgeen ook in het gebruik gemakkelijker is.

Lijst der internationaal aangenomen atoomgewichten (1911):

O = 16.

De Romeinsche cijfers zijn die der valentie; de jaartallen die der ontdekking van het element in vrijen staat; het teeken ∞ duidt aan, dat het bedoelde element reeds in de oudheid bekend was.

Element	Ontdekking	Symbool	Atoomgewicht
Aluminium III IV	1827	Al.	27,1
Antimonium of Stibium III V.	1490	Sb.	120,2
Argentum (zilver) I	∞	Ag.	107,88
Argonium I	1895	A.	39,9
Arsenicum III V	1694	As.	74,96
Aurum (goud) I III	∞	Au.	197,2
Baryum II IV	1808	Ba.	137,37
Beryllium of Glycinium III	1828	Be.	9,1
Bismuthum III V	1450	Bi.	208
Borium III V	1808	B.	11
Bromium I III V VII	1826	Br.	79,92
Cadmium II	1818	Cd.	112,4
Caesium I	1882	Cs.	132,81
Calcium II	1808	Ca.	40,09
Carbonium (koolstof) II IV	∞	C.	12,00
Cerium III IV	1803	Ce.	140,25
Chlorium (chloor) I III V VII	1774	Cl.	35,46
Chromium III IV V	1797	Cr.	52
Cobaltum II IV	1733	Co.	58,97
Cuprum (koper) I II	∞	Cu.	63,57
Erbium II	1890	Er.	167,4
Europium		Eu.	152
Dysprosium		Dy.	162,5
Ferrum (ijzer) II III IV VI	∞	Fe.	55,85
Fluorium I	1886	F.	19
Gadolinium (?)	1886	Gd.	157,3
Gallium IV	1875	Ga.	69,9
Germanium IV	1885	Ge.	72,5
Helium I	1895	He.	3,99
Hydrargyrum (kwik) I II	∞	Hg.	200,0
Hydrogenium (waterstof) I	1766	H.	1,008
Indium III	1863	In.	114,8
Iridium II IV VI	1804	Ir.	193,1
Jodium I III V VII	1811	J.	126,92
Kalium of Potassium I	1807	K.	39,10
Krypton (Eosium)	1898	Kr.	82,9

Lanthanium IV	1839	La.	139,0
Lithium I	1818	Li.	6,94
Magnesium II	1808	Mg.	24,32
Manganium II IV VI VII	1774	Mn.	54,93
Molybdaenium II III IV VI	1782	Mo.	96,0
Natrium of Sodium I	1807	Na.	23,0
Neodymium	1885	Nd.	144,3
Neon	1898	Ne.	20,2
Nicolum (nikkel) II III IV	1751	Ni.	58,68
Niobium V	1878	Nb.	93,5
Nitrogenium of Azot (stikstof) III IV	1772	N. (Az.)	14,01
Osmium II III IV VIII	1804	Os.	190,9
Oxygenium (zuurstof) II IV VI	1773	O.	16
Palladium II IV	1803	Pd.	106,7
Phosphorus III V	1669	P.	31,04
Platinum II IV	1750	Pt.	195,2
Plumbum (lood) II IV	∞	Pb.	207,1
Praseodymum (?)	1885	Pr.	140,6
Radium	1897	Ra.	226,4
Rhodium II IV VI	1804	Rh.	102,9
Rubidium I	1861	Rb.	85,45
Ruthenium II IV VI VIII	1844	Ru.	101,7
Samarium	1878	Sm.	150,4
Scandium III	1879	Sc.	44,1
Selenium II IV VI	1817	Se.	79,2
Silicium (kiezel) IV	1823	Si.	28,3
Stannum (tin) II IV	∞	Sn.	119,0
Strontium II	1808	Sr.	87,63
Sulphur (zwavel) II IV VI VIII	∞	S.	32,07
Tantalium V	1825	Ta.	181
Tellurium II IV VI	1782	Te.	127,5
Terbium	1843	Tr.	159,2
Thallium I III	1861	Tl.	204,0
Thorium IV	1829	Th.	232,42
Thulium	1878	Tu.	168,5
Titanium IV	1825	Ti.	48,1
Uranium IV VI	1840	U.	238,5
Vanadium III V	1831	V.	51,06
Wolframium IV V	1781	W.	184,0
Xenon	1898	X.	130,7
Ytterbium III	1878	Yb.	172,0
Yttrium IV	1828	Y.	89,0
Zincum (zink) II	∞	Zn.	65,37
Zirconium IV	1824	Zr.	90,6

Achterstaande tabel geeft een voorstelling van de atoomgewichten der elementen volgens het periodiek *systeem van Mendeliëff*.

De rangschikking geschiedt horizontaal volgens de toenemende atoomgewichten in series; vertikaal gerangschikt ontstaan groepen, die elementen met overeenkomstige eigenschappen bevatten. Men vindt in deze tafel zoowel de drievoudige groepen van *Döbereiner* als de octaafrangschikking in 1863 door *John Newland* bekend gemaakt.

In een groep van overeenkomstige elementen zijn er, die onderling nog inniger verwant zijn; zoo vervalt groep II in

Ondergroep A.	Ondergroep B.
Calcium	Beryllium
Strontium	Magnesium
Barium	Zink
Radium	Cadmium
	Kwikzilver

Van zulk een groep klimmen niet alleen de atoomgewichten geleidelijk op, doch ook de soortelijke gewichten, de temperatuur, waarbij de koolstofverbindingen dissocieeren, de oplosbaarheid van het oxydehydraat in water, enz.

Serie	0-groep	Groep I	Groep II	Groep III	Groep IV	Groep V	Groep VI	Groep VII	
0									
1		Waterstof H = 1,008							
2	Helium He = 4,0	Lithium Li = 7,00	Beryllium Be = 9,1	Borium B = 11,0	Koolstof C = 12	Stikstof N = 14,01	Zuurstof O = 16,00	Fluorium F = 19,0	
3	Neon Ne = 20,9	Natrium Sodium Na = 23,00	Mag- nesium Mg = 24,3	Alu- minium Al = 27,1	Silicium Si = 28,3	Phos- phorus P = 31,0	Zwavel S = 32,07	Chlorium Cl = 35,45	Groep VIII
4	Argon Ar = 39,9	Kalium (Potassium) K = 39,1	Calcium Ca = 40,1	Scandium Sc = 44,1	Titanium Ti = 48,1	Vanadium V = 51,2	Chromium Cr = 52,1	Mangaan Ma = 55,0	IJzer Fe=55,9 Nikkel Ni=58,7 Cobalt Co=59
5		Koper Cu = 63,6	Zink Zn = 65,4	Gallium Ga = 70,0	Ger- manium Ge = 72,5	Arsenicum As = 75,0	Selenium Se = 79	Bromium Br = 79,95	
6	Krypton Kr = 81,8	Rubidium Rb = 85,4	Strontium Sr = 87,6	Yttrium Y = 89,0	Zirconium Zr = 90,6	Niobium Nb = 94,0	Molyb- denum Mo = 96,0	—	Ruthenium Ru = 101,7 Rhodium Rh = 102,9 Palladium Pd = 106,7
7		Zilver Ag = 107,9	Cadmium Cd = 112,4	Indium In = 114,8	Tin Sn = 119,0	Anti- monium Sb = 120,2	Tellurium Te = 127	Iodium I = 127	
8	Xenon X = 128	Caesium Cs = 132,8	Barium Ba = 137,4	Lan- thanum La = 139	Cerium Ce = 140,3	Praseody- mium Pr = 140,6	Neody- mium Nd = 144,3	Samarium Sm = 150,4	— — — —
9		Gadolinium Gd = 157,3	Terbium Tb = 159,2		—	Erbium Er = 167,4		Thulium Tu = 168,5	
10	—	—	—	Ytterbium Yb = 172	Lutetium Lu = 174	Tantalum Ta = 181	Wol- framium W = 184	—	Osmium Os = 191 Iridium Ir = 193 Platina Pt = 195,0
11		Goud Au = 197,2	Kwikzilver Hg = 200,0	Thallium Tl = 204,0	Lood Pb = 207,1	Bismuth Bi = 208	—	—	
12	—	—	Radium Rd = 226,4	—	Thorium Th=232,42	—	Uranium U = 239		

Mineralen.

Litteratuur.

Franz von Kobell. Lehrbuch der Mineralogie. Bearb. von Oebbeke und Weinschenk, 7. Aufl. Brandstetter, Leipzig.
E. Weinschenk. Allgemeine Gesteinskunde. 2 Aufl. Herder, Freiburg.
Id. Gesteinsbildende Mineralien. Herder-Freiburg.

Verschillende in de natuur voorkomende mineralen.

Silicaten.

Kwarts is gekristalliseerd kiezelzuur SiO_2.

Veldspaat bevat behalve aluminium steeds één of meer alcaliën of alcalische aarden.

a. Orthoklaas of kaliveldspaat, eenvoudigste verbinding $K_2O \cdot 3SiO_2 + Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$.

b. Plagioklaas: microlien, albiet of natronveldspaat (eenvoudigste samenstelling $Na_2O \cdot 3SiO_3 + Al_2O_2 \cdot 3Si\,O_2$), Anorthiet of kalkveldspaat $CaO \cdot SiO_2 + Al_2O_3 \cdot SiO_2$, Oligoklaas en Labrador zijn mengsels van albiet en anorthiet.

Nepheline en Leuciet. $(NaK)_2\,Al_2(SiO_4)_2$ en $K_2Al_2(SiO_2)_4$.

Scapoliet (paranthine, werneriet). $2\,Al_2O_3 \cdot 3\,SiO_2 + 3 \left.\begin{matrix} K_2O \\ (Na_2O) \\ (CaO) \end{matrix}\right\} SiO_2$.

Olivien bevat magnesium, dat voor een deel door ijzer is vervangen. De eenvoudigste samenstelling is $(MgO\ 2\ FeO)_2\ SiO_3$. *Hypersthene* heeft tot formule $(MgO \cdot FeO)\ SiO_2$, evenals *Enstatiet* en *Bronziet.*

Augiet en Hoornblende bevatten steeds calcium en magnesium en meestal ook ijzer. De eenvoudigste samenstelling van augiet is $CaMg(SiO_3)_2$; hoornblende bevat wat minder calcium en aluminium dan de augiet, daarentegen haast altijd alkalimetalen.

Asbest is een bijzondere vorm van hoornblende.

Glimmer of *mica* bevat naast aluminium, alcalische metalen en alcalische aarden in verschillende verhoudingen, zoodat een chemische formule nog niet is kunnen worden opgesteld. Muscoviet is kaliglimmer. Biotiet en phlogopiet is magnesiumglimmer.

Chloriet ontstaat veelal door verandering van andere magnesium- en ijzerhoudende mineralen. De formule is $2(2MgO \cdot FeO \cdot SiO_2) + Al_2O_3 \cdot 3\,H_2O$.

Turmalyn heeft zeer verschillende samenstelling en bevat steeds een weinig constitutiewater. In gewoon turmalyn bevinden zich behalve aluminium nog magnesium, ijzer, alcalimetalen, waterstof en ook meestal calcium.

Epidot of *Pistaziet* bevat behalve aluminium, calcium en constitutiewater. Een deel van het aluminium is door ijzer vervangen.

Talk en Serpentijn bevatten als metaal hoofdzakelijk magnesium en zijn ontstaan door verandering van magnesiumhoudende mineralen, hoofdzakelijk olivien. De eenvoudigste samenstelling van talk of speksteen is $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ en van serpentijn $2MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Tot dezelfde groep behoort ook *Glaukoniet* met zeer wisselvallige samenstelling.

Granaat heeft als eenvoudigste samenstelling $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$.

Zeolieth is een verweeringsprodukt van mineralen, hoofdzakelijk uit de veldspaat- en leucietgroep. Tot het zeolieth behooren Mesotyp, Analcim en Stilbit.

Kleimineralen zijn verweeringsprodukten van aluminiumhoudende mineralen, voornamelijk van veldspaten in verschillende stadiën. Behalve de grootste hoeveelheid aan aluminium, bevatten zij ook ijzer, calcium en magnesium. Het meest bekend is de Kaolien of porceleinaarde met de samenstelling $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Behalve kristalwater bevat zij nog constitutiewater.

Koolzure zouten of carbonaten.

Kaliumcarbonaat vindt men in de natuur alleen in grond- en rivierwater.

Natriumcarbonaat als mengsel van normaal en zuur zout op natriumhoudende gesteenten en bodems.

Ammoniumcarbonaat vindt men in guano's en bij ontbinding van organische stoffen.

Calciumcarbonaat komt in de natuur voor in kalkspaat, marmer, kalksteen, druipsteen, kalktuf en krijt.

Magnesiumcarbonaat vindt men in Magnesiet (talkspaat).

Dolomiet (*Bitterkalk*) is een dubbelcarbonaat van magnesium en calcium.

Spaatijzersteen of *ijzerspaat* is een ferrocarbonaat.

Phosphorzure zouten of phosphaten.

Calciumphosphaat $Ca_3(PO_4)_2$.

Apatiet is een dubbelzout van calciumphosphaat en calciumchloride. Het calciumphosphaat vormt verder het hoofdbestanddeel van talrijke mineralen als het phosphoriet, koproliet, phosphaatkrijt en andere phosphaten.

Wawelliet is een aluminiumphosphaat.

Vivianiet is een waterhoudend ferrophosphaat, dat in laagveenbodems en humeuse kleibodems gevonden wordt en aan de lucht van wit in blauw overgaat.

Zwavelzure zouten of sulfaten.

In den bodem komt alleen het *calciumsulfaat* voor; het kalium-, natrium- en magnesiumsulfaat vindt men in het water en in vele zoutafzettingen.

Kieseriet is een waterhoudend magnesiumsulfaat.

Krugiet is een chemische verbinding van magnesium, calcium en kaliumsulfaat met water.

Polyhaliet een soortgelijke verbinding in andere verhouding.

Kianiet is een verbinding van magnesiumsulfaat, kaliumsulfaat, magnesiumchloride en water.

Glauberiet is een watervrij dubbelzout van natriumsulfaat en calciumsulfaat.

Oxyden en hydroxyden.

Deze vindt men voornamelijk als ijzerverbindingen.

Magneetijzersteen Fe_3O_4 is een verbreid mineraal.

Oker en ijzeroker zijn afscheidingen van ijzerhydroxyde uit water en bevatten meestal calciumcarbonaat, kleimineralen en andere silikaten.

Chloorverbindingen of chloriden.

Het meest verbreid is het *chloornatrium* (steen- of gewoon zout).

In water vindt men ook het kalium-, magnesium- en calciumchloride.

Sylvien is kaliumchloride.

Carnalliet is een waterhoudend dubbelzout van kaliumchloride en magnesiumchloride.

Salpeterzure zouten of nitraten.

Het *natriumnitraat* of natronsalpeter vindt men in Chili en Peru en wordt, zooveel mogelijk van bijmengselen bevrijd, onder den naam van Chilisalpeter in den handel gebracht.

Kalium-, calcium- en magnesiumnitraat vindt men als steenuitslag in Indië.

De bodemvormende gesteenten.

Kristallijne gesteenten.

A. *Eenvoudige gesteenten.*

1. *Kwartsiet* kwartsrotssteen, korrelige of dichte structuur van kwartslichaampjes. Witte kleur overheerschend in grijs, geel en rood.

Kwartsleisteen, bevat parallelliggende glimmerblaadjes.

2. *Kalksteen:*

a. Korrelige kalksteen (oerkalksteen, marmer) overheerschend witte en grijze kleur.

Kalkglimmerleisteen (blauwe leisteen), rijk aan glimmer.

Kalkdruipsteen.

b. Oölitische kalksteen, bestaande uit ronde, dichte korrels.

c. Dichte kalksteen, weeke, zachte steen. Krijt is zulk een dichte kalk, gemengd met microscopische schaaldiertjes.

d. Aardekalksteen, fijne aardachtige massa's van gele kleur. (Travertin, kalktuf).

3. *Dolomiet*, een samenstel van magnesiumhoudenden kalksteen.

4. *Mergel*, een aardachtig mengsel van kalk of dolomiet, klei, fijn kwartszand of glimmer.

5. *Anhydriet*, grofkorrelig tot dicht calciumsulfaat.

6. *Gips*.

7. *Steenzout*.

8. *IJzerspaat*.

B. *Gemengde gesteenten*.

1. *Graniet*, een mengsel van orthoklaas of oligoklaas, kwarts en glimmerblaadjes. De glimmer is in den regel kaliglimmer, ook wel magnesiaglimmer. Zijn de drie mineralen onregelmatig met elkaar verbonden, zoodat de steen op de breuk in geenerlei richting eenig onderscheid doet zien, dan noemt men den steen *graniet*. Zijn de glimmerschilfers in formeele lagen vereenigd, zoodat zij op de lengtebreuk breede splijtvlakken vertoonen, dan noemt men den steen *gneis*.

Men onderscheidt de volgende soorten:

a. De eigenlijke graniet met witte orthoklaas, kwarts en witte kaliglimmer naast zwarte magnesiaglimmer.

b. Pegmatiet, grofkorrelig mengsel van orthoklaas, kwarts, zilverwitte glimmer en turmalijn.

c. Granitiet, met overheerschend roode orthoklaas. en veel witte, gele of groenwitte oligoklaas, een weinig kwarts en wat zwart-groene magnesiaglimmer.

d. Protogin Alpengraniet , met glanzende orthoklaas of matte oligoklaas, grijze kwarts, donkergroene glimmer en helgroene talk.

2. *Schörl rots- en leisteen*, kristallijn, korrelig mengsel van grijs-witte kwarts en kleine zwarte of donkerbruine schörl (turmalijn) lichaampjes.

3. *Syeniet*, kristallijn, korrelig mengsel van meest roode orthoklaas en donker groene tot zwarte hoornblende. Naar de stad Syene in Egypte genaamd.

4. *Amphyboliet*, vezelig, of dik-gelaagd samenstel van donkergroene tot zwarte, bladerige hoornblende, dikwijls met wat albiet, kwarts en bruine glimmer.

5. *Dioriet*, grof tot fijnkorrelig mengsel van hoornblende, oligoklaas, en labrador; meest door de overheerschende hoornblende donker, zwartgroen, tot groenachtig zwart.

Diorietporphier bestaat uit een grijsgroene of zwartgroene grondmassa met ingegroeide kristallen van helle oligoklaas en zwartgroene hoornblende.

6. *Serpentijnsteen*, hoofdzakelijk uit serpentijn bestaande dichte steen, dikwijls met asbest- en chlorietaderen doortrokken.

7. *Gabbro*, meest grofkorrelig, meer of minder groen mengsel van labrador, of saussuriet en diallag of smaragdiet.

8. *Diabaas*, grof tot fijnkorrelig mengsel van oligoklaas en pyroxeen, waarbij nog fijn verdeelde chloriet en apatiet, somtijds ook kwarts. Kleur grauwgroen tot zwart. Komen grootere kristallen van pyroxeen of labrador in de massa voor, dan heet het diabaasporphier.

9. *Melaphier* (zwarte porphier, basaltiet), fijnkorrelige, dichte of aardachtige, uit roodgrijze labrador en magnetisch titaanijzererts bestaande, massa. Kleur meest groenachtig roodbruin of roodgrijs.

10. *Porphier*, is een dichte uit orthoklaas en kwarts bestaande grondmassa (felsiet), waarin korrels of kristallen van kwarts en orthoklaas. Nevenbestanddeelen somtijds plagioklaas, glimmer, hoornblende, augiet, apatiet, e.a.

Kwartsvrije porphier is bruinrood, blauwachtig grijs, met witte, roodachtige of geelwitte orthoklaas of oligoklaaskristallen, (Porphyriet, glimmerporphier).

Granietporphier (Syenietporphier), fijnkorrelige, roode of grauwe grondmassa, bestaande uit veldspaat, kwarts en glimmer of chloriet, waarin vele groote roode of roodwitte orthoklaaskristallen, soms ook oligoklaaskristallen.

Felsietporphier, een kwarts bevattende, roode porphier, met dichte grondmassa van felsiet, bestaande uit een mengsel van veldspaat en kwarts, waarin gelijksoortige kristallen.

11. *Trachiet*, fijnkorrelige, dichte of poreuse massa van sanidin (glazige orthoklaas) en wat hoornblende, glimmer en oligoklaas. Kleur overheerschend witgrijs ook wel zwart en meestal mat.

Trachietporphier, dichte grondmassa van felsiet met glazige orthoklaaskristallen, dikwijls met kwarts en chalcedon gemengd grijs, groenachtig of roodachtig.

12. *Phonoliet*, dicht mengsel van sanidin, nepheline en zeolietachtige mineralen, dikwijls porphierachtig, door de aanwezigheid van orthoklaaskristallen. Kleur overheerschend groen tot geelgrijs.

Andesiet is een trachietachtig fijnkorrelig tot dicht gesteente van donkergrijze tot zwarte kleur.

13. *Basalt*, een dicht mengsel van labrador, augiet met titaanhoudend magneetijzererts en een zeolietachtig mineraal, waarin dikwijls olivienkorrels en niet zelden fijne ijzer- en kalkspaatdeeltjes. In plaats van het meestal tevens voorhanden veldspaat kunnen ook nephelien en leuciet voorkomen. Men spreekt dan ook naar gelang van het aanwezig zijn dezer mineralen van *veldspaat-*, *nephelien-* en *leucietbasalt.*

14. *Doleriet*, meest een kristallijn, korrelig mengsel van labrador, augiet en titaanhoudend ijzererts; gelijkt veel op dioriet en diabaas.

15. *Leucietrotssteen*, fijnkorrelig tot dicht, asch- of roodgrijs mengsel van leuciet, augiet en magneetijzerdeeltjes, welke door het voorkomen van vele leucietkristallen dikwijls porphierachtig wordt.

16. *Gneis*, korrelig mengsel van orthoklaas en kwarts (ook wel hoornblende) door lagen van glimmer of talk in parallelle, splijtbare platen verdeeld.

Gneisgraniet is een korrelig, geaderd gneis met slechts enkele glimmerstreepjes en niet splijtbaar.

17. *Granuliet*, fijnkorrelige grondmassa van orthoklaas en oligoklaas, waarin platte korrels of dunne laagjes van kwarts meestal in parallelle lagen. Men vindt er dikwijls granaten in verstrooid.

18. *Glimmerleisteen*, kristallijn, leiachtig mengsel van meest lichte kali- en zelden donkere magnesiaglimmer en kwarts, van groenachtige tot geelgrijze kleur.

19. *Kleileisteen*, dicht of kristallijn, zeer leiachtig mengsel van chloriet en glimmerachtige mineralen en kwarts. Kleur vetglanzend, groen- of blauwgrauw (daklei).

20. *Chlorietleisteen*, schubvormige, dik leiachtige chlorietmassa, dikwijls met wat kwarts; licht- tot zwartgroene kleur.

21. *Talkleisteen*, bladerige of schubachtige talk, dikwijls met wat kwarts of veldspaat; geel-, groen- en grijsachtig wit.

Agglomeraten.

Dit zijn fragmenten van één of meer bepaalde mineraalsoorten door een min of meer duidelijk bindmiddel verbonden.

1. *Leiachtige klei* (kolenklei), een onduidelijk mengsel van klei, uiterst fijne glimmerschubjes en fijn kwartszand, duidelijk gelaagd en grauw tot bruinzwart.

2. *Grauwakke*, (kiezel-kalkachtige zandsteen), zeer vast, korrelig door een met kiezelzuur doordrongen kleimassa verbonden mengsel van kwarts en kleine brokken van kiezel-kleileisteen, enz. Kleur meestal geel-, groen-, blauw- of grijsachtig.

3. *Zandsteen* (kwartszandsteen), een door kiezel-, klei of kalkachtig cement verbonden mengsel van hoekige kwartskorrels gewoonlijk duidelijk gelaagd. Bestaat het cement uit ijzeroxyde of oxydehydraat, dan is de steen rood, bruin of geel gekleurd.

4. *Tufgesteenten*, poreuse mengsels van vernielingsprodukten van verschillende gesteenten.

5. *Conglomeraten*, mengsels van afgeronde afgebroken steenstukken, welke door een bindmiddel tot een vaste steen zijn vereenigd.

Amorphe gesteenten.

Hiertoe behooren behalve opaal, vuursteen, obsidiaan, bimssteen (puimsteen), caolien, klei, leem, zand, kies en rolsteen al die steenen, welke, zooals krijt, anthraciet, steenkolen, bruinkolen en turf, deels van vegetarischen oorsprong zijn.

Zand kan uit verschillende mineralen bestaan, daar het uit afbrokkeling van gesteenten is ontstaan. Evenwel zijn door den tijd de meest verweerbare elementen verdwenen en bevat het hoofdzakelijk kwarts. Behalve kwartszand bevatten haast alle zandsoorten en speciaal die uit de quartaire formatie (alluvium en diluvium) niet zelden neergeslagen bestanddeelen als aluminium-, ijzer-, calciumverbindingen en ook overblijfselen van plantaardige en dierlijke natuur.

Klei en kleigesteenten zijn de stoffijne verweeringsprodukten van gesteenten, die daarbij een chemische verandering hebben ondergaan. Hoofdbestanddeel is steeds aluminiumsilicaat met grootere of kleinere hoeveelheden ongebonden kwartszand en andere bestanddeelen van het moedergesteente.

Kalk en kalkgesteenten zijn eveneens het produkt van een ontbinding van kristallijne oergesteenten, voornamelijk die, welke groote hoeveelheden calciumsilicaat bevatten. Bij de verweering wordt deze omgezet in het koolzure zout, hetwelk in koolzuurhoudend water wordt opgenomen en later weder als normaal calciumcarbonaat wordt afgezet.

Daar in de moedersteen ook magnesium voorkomt, vindt men in het calciumcarbonaat niet zelden het magnesiumzout. De oudste kalkformaties, zooals het marmer, zijn ontstaan door verdichting der onder druk der water- en bergmassa's verkeerende brijachtige kalkafzettingen.

Mergel is de innige vermenging van het uit water afgezette calciumcarbonaat met klei- en zandmassa's. Kalkmergel noemt men die mergel, welke meer dan 60 % calciumcarbonaat bevat; kleimergel, wanneer het kleigehalte meer dan 40 % bedraagt en leemmergel, wanneer het gehalte aan leem 20—40 % en daarbij het zandgehalte groot is. Treedt dit laatste geheel op den voorgrond, dan noemt men het zandmergel.

Als een leemmergel kan het zeeslik of de zeeklei worden beschouwd.

Het onderzoek van den bodem.

Daar de grond ontstaan is uit de gesteenten door verbrokkeling, verweering, enz. of in het algemeen door verweeringsinvloeden, zal men moeten nagaan 1. de gesteenten 2. de verweeringsinvloeden, 3. de verweeringswijzen.

1. De gesteenten kunnen zijn vulkanisch of sedimentair. De eerstgenoemde zijn, wanneer zij als lava zijn afgevloeid of in de lucht onmiddellijk vast geworden grootendeels poreus en zelden door en door dicht. De laatstgenoemde kunnen zeer vast zijn.

2. De verweeringsinvloeden, welke van belang zijn, worden hoofdzakelijk bepaald door temperatuur, regenval, vochtigheid en verdamping.

3. De verweeringswijzen worden bepaald door de factoren water, warmte en lucht. Minder door wind en andere physische krachten.

Het onderzoek zal verder gericht moeten zijn op:

a. wat er op groeit, nl. de in het wild groeiende planten, de stand, ontwikkeling en opbrengst van cultuurplanten.

b. het grondonderzoek zelf, dat kan omvatten:

1. het mechanisch-physisch onderzoek (korrelgrootte, gedrag ten opzichte van water, enz.) Hoewel dit onderzoek veelal op zich zelf niets zegt, vindt men daarin dikwijls bruikbare steunpunten.

2. het chemisch onderzoek, meestal slechts op de hoofdvoedingsstoffen voor planten, zooals stikstof, phosphorzuur en kali. Men bereikt hierbij in talrijke gevallen treffende en belangrijke resultaten ten aanzien van eventueele bemesting.

3. het mineralogisch (en petrografisch) onderzoek, dat dient om uit te maken, of de grond jong verweerd of reeds te veel verweerd is en hoeveel men er in de toekomst van mag verwachten.

4. het geologisch of beter agrogeologisch onderzoek, dat meer de basis van het onderzoek omvat, betreffende bouw, voorkomen, enz. gesteund door de vorige gegevens.

Voor de practijk zijn de voornaamste eigenschappen voldoende luchthoudendheid, watergehalte, woongelegenheid voor de wortels en handelbaarheid voor den landbouwer.

De *mechanische* analyse dient meer om den aard van den bodem te onderzoeken en bepaalt de fijnheid, het zand- of kleigehalte, enz. Het onderzoek geschiedt daarbij veelal volgens de slibmethode, o. a. met het apparaat van *Schöne*, waarbij de bestanddeelen van den grond volgens hun zwaarte worden afgescheiden met behulp van een waterstroom van verschillende snelheid.

Chemisch wordt de bodem onderzocht door toevoeging van zuren, waarbij wordt nagegaan, hoeveel minerale stoffen daarin oplosbaar zijn. Men gebruikt daarbij geconcentreerde zuren, ingeval de bedoeling is een beeld te geven van de algemeene chemische samenstelling, terwijl toevoeging van zwakke zuren met in verhouding grootere hoeveelheid van het te onderzoeken monster een beter inzicht geeft omtrent de hoeveelheid voedingsstoffen, welke door de wortels zullen worden opgenomen. In het laatste geval bezigt men een 1 procents oplossing van citroenzuur, welke samenstelling in haar oplossend vermogen een vrij goede overeenkomst vertoont met de gemiddelde werking der plantenwortels.

Bovendien kan men door eenvoudige reacties de aanwezigheid van schadelijke bestanddeelen in den grond aantoonen, zooals aanwezigheid van zuren, ijzeroxydule, te veel kalk, enz.

Bodemsoorten, waarin geen spoor van kali, magnesia of phosphorzuur is aan te wijzen, zullen absoluut onvruchtbaar zijn.

Bij ons te lande hebben de minste heidegronden nog sporen van deze alcaliën bijv. heeft heide in Drenthe nog de volgende in zuren oplosbare stoffen:

ijzeroxyde	0,05 %,	kalk	0,03 %,
magnesia	0,01 „	kali	0,01 „
phosphaten	0,02 „		

Behalve in den grond, moeten de voedingsstoffen in de meeste gevallen ook in het bodemwater opgelost voorkomen.

Samenstelling van den bodem.

De bodem bestaat uit één of meer der in het vorig hoofdstuk genoemde gesteenten of verweeringsproducten daarvan. In het algemeen onderscheidt men rots-, grint-, zand-, klei-, humus- en veengronden, terwijl bij gemengde gronden één of meer dezer bestanddeelen overwegend zijn. Zoo worden de in ons land zoo veelvuldig voorkomende zand-kleigronden onderscheiden als volgt:

met 90—100 % zand, zandgrond (van geringe vruchtbaarheid).
„ 80— 90 % „ , lichte zavelgrond.
„ 60— 80 % „ , zavelgrond,
„ minder dan 60 % zand, kleigrond.

De kleigrond wordt zwaar genoemd, wanneer het zandgehalte minder dan 40 % is. Evenwel zijn de uit het practische leven overgenomen woorden onder zeker voorbehoud te aanvaarden, omdat nergens scherpe definities bestaan omtrent de beteekenis daarvan.

Daar de grond ontstaat uit de afgebrokkelde of verweerde deelen van rotsgesteenten, hangt hij physisch en chemisch af van de natuur der rotsen, waaruit hij werd gevormd en de invloeden, waaraan deze en later de grond waren blootgesteld.

Vooral temperatuur, regen, vochtigheid en verdamping zijn van grooten invloed op de verweering en samenstelling van den grond en bepalen de mindere of meerdere concentratie der voedende stoffen in den bodem.

De *kali* in den grond is ontstaan uit de ontleding van kali-veldspaten (kalium-aluminiumsilicaten), welke algemeen voorkomende bestanddeelen van rotsen zijn. Ook wel ontstaat de kali uit de kali-mica's en uit mineralen zooals leuciet en nepheline.

De *kalk* ontstaat uit de kalksteen (calcium-carbonaat) in haar verschillende vormen, ofschoon ook kalk gevormd wordt uit de ontleding van silicaten (samengestelde) zooals hoornblende en augiet, die algemeen in rotsen voorkomen. Toch zijn de gronden, welke door verweering van kalksteen ontstaan zijn, dikwijls niet hoofdzakelijk uit calciumcarbonaat samengesteld. Oplossing van koolzuur in water heeft nl. het vermogen de calcium- en magnesiumcarbonaten, welke zeer weinig oplosbaar in water zijn, om te zetten in bicarbonaten en zure carbonaten, welke gemakkelijk oplosbaar zijn. Deze bicarbonaten kunnen dan gemakkelijk door het zakwater aan den bodem worden onttrokken. Vooral bij de onzuivere kalksteensoorten heeft dit proces in groote mate plaats. In een streek met overvloedigen regenval zal dze uitwassching meer plaats vinden. De natriumzouten worden gemakkelijker op deze wijze verwijderd dan de kaliumzouten en de calciumzouten weer gemakkelijker dan de magnesiumzouten.

Phosphorzuur ontstaat uit het mineraal apatiet (calciumphosphaat), hetwelk veel in rotssteen voorkomt, ofschoon in het algemeen in kleine hoeveelheden.

Magnesia heeft haar ontstaan te danken aan dolomiet (calciumcarbonaat, waarin calcium gedeeltelijk is vervangen door magnesium) en ook uit ontleding van gehydreerde magnesiumsilicaten, zooals talk en serpentijn en evenals kalk uit de ontleding van hoornblende en augiet.

Aluminium in den vorm van silicaat, hoofdbestandeel van de klei, ontstaat uit de ontleding van de veldspaten. Onder den invloed van water, dat koolzuur bevat, worden deze ontleed en ontstaat gehydreerd aluminiumsilicaat (caoliniet) en carbonaat van andere aanwezige basen, zoodat die gronden niet alleen klei, maar ook kalium, natrium en kalk bevatten. De klei wordt ook gevormd door ontleding van hoornblende en augiet. De ijzersilicaten in deze mineralen worden geoxydeerd door de zuurstof der lucht bij aanwezigheid van water onder vorming van ijzeroxyde.

De kalk- en magnesiasilicaten worden aangetast door water,dat koolzuur bevat, waardoor kalk- en magnesiumcarbonaten worden gevormd en het kiezelzuur vrijkomt, terwijl het aluminiumsilicaat in caoliniet veranderd wordt.

De *zwavel* wordt door de planten hoofdzakelijk aan het calciumsulfaat onttrokken, dat in geringe hoeveelheden in den grond voorkomt. Ook vindt men in den grond ijzerpyrieten, welke in vochtige lucht worden geoxydeerd onder vorming van zwavelzure zouten.

Scheikundige samenstelling van verschillende gronden.

Hoewel de scheikundige samenstelling ook van één en dezelfde grondsoort zeer uiteen kan loopen, kan men als gemiddelde van verschillende analyses de volgende hoeveelheden aan bestanddeelen voor verschillende grondsoorten aannemen (gerekend in 100 deelen drogen grond):

	Minerale grond.				Humusbodem of humeuse kleigrond	Turfbodem	
	Zandgrond	Leemgrond	Kleigrond	Kalkgrond		Hoogveen	Laagveen
Organische stoffen .	0,47	4,63	8,54	12,06	21,40	93,29	84,18
Stikstof		?	0,26	0,25	0,78	1,30	3,35
Minerale stoffen . .	99,53	95,37	91,46	87,94	78,60	6,71	15,82
Kali (K_2O). . . .	0,97	1,06	2,60	0,85	1,96	0,05	0,06
Natron (Na_2O) . .	0,47	0,37	1,17	0,22	1,16	0,05	0,04
Kalk (CaO) . . .	0,19	2,86	5,97	29,96	1,94	0,23	4,06
Magnesia (MgO) .	0,05	0,88	2,22	0,48	1,71	0,23	0,25
IJzeroxyde (Fe_2O_3) .	0,20	5,20	4,60	1,16	4,11	0,60	4,68
Aluminiumoxyde (Al_2O_3)	3,10	7,04	15,12	6,83	15,20		
Kiezelzuur (SiO_2) .	94,72	76,14	54,53	25,44	52,23	5,24	5,63
Zwavelzuur (SO_3) .	spoor	0,01	0,17	0,10	0,01	0,20	0,87
Phosphorzuur (P_2O_5)	0,05	0,18	0,20	0,22	0,20	0,08	0,29
Kooldioxyde (CO_2) .	0	1,63	4,63	23,54	0,03	0	0
Chloor (Cl) . . .	?	?	0,11	—	spoor	spoor	spoor

Geodetische gegevens.

De aardellipsoïde: (Zie ook blz. 4.)

De aardellipsoïde, welke voor aardmetingen en -berekeningen het meest algemeen in gebruik is, is die, welke in 1841 door *Bessel* werd bepaald: (fig. 1).

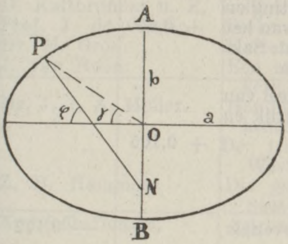


Fig. 1.

halve groote as = 3 272 077,14 toisen

$$\frac{a - b}{a + b} = 0{,}001\,674\,184\,767$$

waarbij 1 Meter = 0,513 074 toise,

zoodat

$$a = 6\,377\,397{,}154\,41 \text{ Meter}$$
$$b = 6\,356\,078{,}962\,66 \text{ ,,}$$

$$\text{afplatting } p = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{299{,}152\,8} = $$
$$= 0{,}003\,342\,773\,2$$

$$\text{excentriciteit } e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0{,}006\,674\,372\,096 \text{ M}$$

Voor de berekening der Topographische kaart van het Koninkrijk der Nederlanden werden als afmetingen der aard-ellipsoïde aangenomen de waarden:

$$a = 6\,376\,950{,}4 \text{ Meter}$$
$$b = 6\,356\,356\,1 \text{ ,,}$$
$$p = \frac{1}{309{,}65}$$
$$e^2 = 0{,}006\,448\,548 \text{ Meter.}$$

De hoek φ is de *geographische*, de hoek γ de *geocentrische* breedte van de plaats P, waarbij PN de normaal.

Het geheele oppervlak van de aardellipsoïde is:

$$O = 4\pi b^2 (1 + {}^2/_3\, e^2 + {}^3/_5\, e^4 + \ldots) = 509\,950\,714{,}2 \text{ KM}^2$$

Een bol met gelijke oppervlakte heeft tot straal 6 370 289,511 M.

Bepaling van aardmetingen.

De triangulatiedriehoeken worden in den regel als boldriehoeken beschouwd met een bijbehoorenden straal gelijk aan den gemiddelden kromtestraal

$$r = \sqrt{RN},$$

waarin R = de kromtestraal van de meridiaanellips,

N = de 2e hoofdkromtestraal of normaal van de ellips.

De grootte van den kromtestraal van de meridiaanellips is

$$R = \frac{a\,(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} = \frac{a\,(1 - e^2)}{W^3}$$

en de normaal van de ellips is

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} = \frac{a}{W}$$

zoodat

$$r = \frac{a\sqrt{1 - e^2}}{W^2}$$

Kleinere bolvormige driehoeken kunnen benaderingsgewijze als vlakke driehoeken met dezelfde zijden worden beschouwd, wanneer de hoeken van den nieuwen driehoek met ¹/₃ van het spherisch exces verminderd worden (theorema van Legendre). Het spherisch exces is het verschil van de som der drie hoeken met 180°.

Volgens de additamentenmethode kan men een vlakken driehoek zoeken, welke twee hoeken met den boldriehoek gemeen, maar andere zijden heeft. Deze nieuwe driehoekszijde S′ is in het algemeen

$$S' = S - \frac{S^3}{6\,r^2},$$

waarin $\frac{S^3}{6\,r^2}$ het additament.

Voornaamste hoogte-nulpunten.

Plaats	Aangenomen peil (merk)	Gebied, waarvoor het peil geldig is	Herleiding in M tot N. A. P. boven	beneden
Amsterdam *)	Amsterdamsche peil of oude stadspeil = A. P. §)	Nederland		
Swinemünde *)	Middelbare Oostzeestand.	Oude graadmeting en waterpassing van het Geod. Instituut. Saksen en Hessen.	+ 0,04	
Berlijn. *)	Normaal Nulpunt. (Normal Nullpunkt = N. N) of 37 M onder het normaal hoogtepunt aan de sterrenwacht.	Het grootste deel van het Duitsche Rijk en ook Saksen.	+ 0,105	
Wismar. *)	Nulpunt van de oude peilschaal.	Mecklenburg evenals N.N.		— 0,142
Ostende. *)	Middelbare Noordzeestand.	België.		— 0,146
Alicante. *)	1 Vast punt N P 1. 2 Middelbare stand Middellandsche zee.	Spanje. „	+ 4,037 + 0,666	
Marseille. *)	Middelbare stand Middellandsche zee.	Frankrijk.	+ 0,069	
Genua. *)	1) Nulpunt van verloren hoogten. 2) Middelbare stand Middellandsche zee.	Italië. „	 + 0,022	— 0,305
Triëst. *)	Middelbare stand Adriatische zee.	Oostenrijk-Hongarije.		— 0,197
Genève. *)	Hoogtemerk steen te Niton.	Zwitserland.	+ 373,740	
Soerabaya.	Soerabaya havenvloedpeil = S H VP.			
Semarang.	Semarangsch Peil = S P. Gemiddelde zeestand te Semarang aangegeven door de hoogte van een peilmerk in een steen aan den Kleinen Boom in het Nieuwe Havenkanaal			

* Vastgesteld op de 10e algemeene internationale conferentie te Brussel 1892.

§ Overeenkomende ongeveer met den middelbaren vloed voor de stad in het Y, toen dit nog in vrije gemeenschap stond met de Zuiderzee, en aangeduid door vijf wit-marmeren steenen in de in 1681—82 gebouwde vier sluizen in de waterkeering (Zeedijk), van de stad, nl. 1 Oude Haarlemmersluis, 2 Nieuwe brugsluis, 3 Kraansluis en 4 West-Indische sluis. Het door een groef in deze steenen aange-

Kaartprojecties.

Litteratuur.

Gelcich, Sauter en Dinse. Kartenkunde, Sammlung Göschen 1901.

Notulen K. I. V. I. 9 Juni 1881, bld. 134.

G. James Morrison. Maps, their use and construction. Stanford 1901, 5 sh.

D. Kaltbrunner u. E. Kollbrunner. Der Beobachter. J. Wurster & Cie, Zürich.

Prof. J. de Gelder. Teekenen van kaarten.

Dr. M. Groll. Kartenkunde. Sammlung Göschen, 1912.

J. van Roon. Een en ander over kaartprojecties. Batavia. Landsdrukkerij 1909.

Dr. J. J. A. Muller. Handleiding voor de uitvoering van secundaire triangulaties.

" De triangulatie van het driehoeksnet van Sumatra's Westkust.

Z. B. Hammer. Die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen. Stuttgart, 1898.

Ambronn-Domke. Astronomisch-geodätische Hilfstafeln. Mittler.

Figuren op een boloppervlak, zooals de aarde, kunnen slechts onvolkomen op een plat vlak worden afgebeeld. Afbeeldingen van landen en werelddeelen zullen altijd eenige vervorming vertoonen. Daarbij kunnen evenwel òf de hoeken (richtingen) hun gelijkheid behouden (conforme projecties) òf de lengteafmetingen in verhouding dezelfde zijn (equidistante projecties) òf de inhouden der figuren conform zijn (equivalente projecties). Voor afbeeldingen op kleine schaal of voor terreinen van kleinen omvang kan de aarde als een zuivere bol worden beschouwd. Voor kaarten op grootere schaal of bij afbeelding van landen en werelddeelen zal men met den ellipsoïdalen vorm van de aarde moeten rekening houden. Het aardlichaam of de geoïde wijkt nu weinig af van de omwentelings-ellipsoïde, die ontstaat door de wenteling van een ellips om haar kleine as (de aardas) en als grondslag der berekeningen wordt aangenomen.

Alvorens tot de projecties over te gaan, zal men de af te beelden landfiguren eerst moeten transformeeren op een boloppervlak, dat aan dat deel van de aardellipsoïde nabij komt, waarna met behulp van dezen hulpbol (normaalbol) de afbeelding op het platte vlak kan worden overgebracht.

Daar de afbeelding van een landoppervlak echter veelal door een driehoeksmeting (net) wordt vastgelegd, kunnen de punten van dit net ook rechtstreeks op de ellipsoïde worden berekend en hieruit de geografische coördinaten worden gevonden.

De kaarten kunnen naar de wijze, waarop de figuren van den bol op een plat vlak zijn geprojecteerd, worden onderscheiden in :

A. *Projecties op ontwikkelbare vlakken*, welke om den bol zijn gedacht.

B. *Perspectievische projecties*, waarbij de afteekening perspectievisch van een oogpunt uit plaats heeft.

Tot de groep A behooren:

1. *De cilinderprojecties*, welke berusten op de methode van ontwikkeling van een cilinder om den bol (fig. 1).

Wordt volgens de figuur de aardbol volgens den equator door een cilinder omvat, dan is B de projectie van een punt b op den bol en de rechte lijn BB′ de parallelcirkel in dit punt. Daar AB $=$ R tg φ, groeien bij de zuivere cilinderprojecties de

---

geven peil geeft voor het gemiddelde der vijf geen grooter verschil dan 4,32 mM. Van de 5 steenen zijn er nog maar 3 aanwezig nl. in de 2 , 3 en 4 genoemde sluizen.

Het A P is van 1875 tot 1885 door de Rijkswaterpassing uit Amsterdam verder in Nederland overgebracht door 566 merken met een middelbare fout van 0,75 mM per KM. In 1902 waren van deze merken 467 ongeschonden overgebleven.

(Zie G. van Diesen. Peilen in Nederland. Tijdschr. v. h. Kon. Inst. v. Ing. 1901—1902).

breedtegraden op de kaart in verhouding tot de tangens der geografische breedte aan en zal men de pool geheel niet kunnen weergeven. Daarom wijzigt men de projectie in zooverre, dat men de breedtegraden op de kaart aan elkaar gelijk maakt (equidistante cilinderprojectie). Evenwel verkrijgt men daardoor nog een te groote vervorming der beelden voor hoogeren breedtegraad. Om dit eenigermate te ontgaan, neemt men tegenwoordig de basis van het cilindervlak gelijk aan den middelsten parallelcirkel van het in kaart te brengen land, waardoor de parallelcirkels van hoogere breedte een weinig grooter en die van lagere breedte wat kleiner worden dan de werkelijkheid.

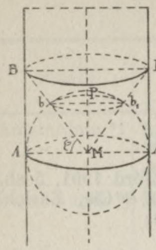


Fig. 1.

De op deze wijze gevormde vlakke kaarten worden als volgt geteekend: Is M het middelpunt (fig. 2) van de kaart en van het land, dan trekt men de loodrecht op elkaar staande lijnen AB en CD, waarbij dan AB de middelste parallelcirkel en CD de middelste meridiaan voorstelt. Van M worden op CD gelijke stukken als breedtegraad uitgezet en wel gelijk aan

$$Mb = \frac{2\pi R}{360}$$

waarin R de straal van den bol voorstelt. Op AB worden de lengtegraden uitgezet. Is de breedte voor de plaats M, dan is de booglengte van een parallelgraad op die breedte l cos φ, wanneer l de booglengte van een equatorgraad is, welke weder gelijk is aan $\frac{2\pi R}{360}$

zoodat $$Ma = \frac{2\pi R}{360} \cos\varphi$$

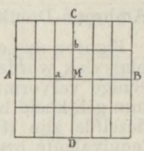


Fig. 2.

Men krijgt dus in het algemeen rechthoekige stukken.

Bij de *projectie van Mercator* of de conforme hoekgelijke cilinderprojectie nemen de breedtegraden naar de polen toe, zoodanig, dat men overeenstemming krijgt tusschen de breedtegraden en de parallelgraden op verschillende breedte. Stelt fig. 3 nu een vak van de vlaktekaart voor, waarbij ad en ab de meridiaan- en parallelcirkellengte voor b.v. 1 minuut voorstellen, dan is de ware lengte m van 1 minuut van den meridiaanboog

$$ad = m = \frac{2\pi R}{360 \times 60}$$

en van 1′ van den parallelboog op breedte φ:

$$ab = m \cos\varphi$$

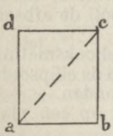


Fig. 3.

Wil men nu overeenstemming hebben tusschen de verschillende breedte- en parallelgraden, dan moet

$ad : ab = 1 : \cos\varphi$ of $ad = ab \sec\varphi$ zijn, waarbij tevens de grootte van den hoek dac gelijk aan dien op de aardglobe weergegeven wordt. De afstand tusschen twee parallelcirkels groeit dus aan evenredig met de secans van de geografische breedte. De afstand x van den parallelcirkel op een breedte φ minuten van den equator wordt dus

$$X = m\,(\sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \ldots\ldots)$$

$$\text{of } x = m \left\{ \frac{180 \times 60}{\pi} \lg \operatorname{tg} \left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \right\}$$

$$\text{of } x = R \lg \operatorname{tg} \left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)$$

Heeft men een kaart in deze projectie te ontwerpen, dan kan men gebruik maken van onderstaande tabel, waarin voor elken breedtegraad de overeenkomstige vergroote breedte of meridiaandeelen zijn te vinden tot verschillen van 1° of 60 minuten.

Breedte-graden	Meridiaan-deelen	Breedte-graden	Meridiaan-deelen	Breedte-graden	Meridiaan-deelen
0	0	31	1958	61	4649
1	60	32	2028	62	4775
2	120	33	2100	63	4905
3	180	34	2171	64	5039
4	240	35	2244	65	5179
5	300	36	2318	66	5324
6	361	37	2393	67	5474
7	421	38	2468	68	5631
8	482	39	2545	69	5795
9	542	40	2623	70	5966
10	603				
11	664	41	2702	71	6146
12	725	42	2782	72	6335
13	787	43	2863	73	6534
14	848	44	2946	74	6746
15	910	45	3030	75	6970
16	973	46	3116	76	7210
17	1035	47	3203	77	7467
19	1098	48	3292	78	7745
19	1161	49	3382	79	8046
20	1225	50	3474	80	8375
21	1289	51	3569	81	8739
22	1354	52	3665	82	9145
23	1419	53	3764	83	9606
24	1484	54	3865	84	10 137
25	1550	55	3968	85	10 765
26	1616	56	4074	86	11 533
27	1684	57	4183	87	12 522
28	1751	58	4294	88	13 916
29	1819	59	4409	89	16 300
30	1888	60			

Om dus een net van 30° tot 40° N.Br. te ontwerpen bij een lengtegraad van 6 mM of 1 mM = 10′ lengte, zet men deze lengten op den onderrand af en richt vertikalen in de deelpunten op, waarop van af de aangenomen lijn voor 30° N.Br. achtereenvolgens afstanden worden uitgezet, aangevende de achtereenvolgende parallelcirkels voor 1° breedteverschil en ter grootte achtereenvolgens van de verschillen (1958—1888) × 0,1, (2028—1958) × 0,1 mM, enz.

De overeenstemming der verschillende breedte- en parallelgraden of de onveranderlijkheid, waarmede door deze projectie de hoeken van den bol op de kaart worden overgebracht, brengt de volgende voordeelen mede. Het is bekend, dat door het houden van zekeren koers de zeeman alle meridianen onder denzelfden hoek snijdt. Hoewel hij daarmede niet den kortsten weg tusschen twee punten aflegt, geeft dit bij het varen groot gemak, omdat hij niet van koers behoeft te veranderen. De door hem gevolgde loxodromische lijn wordt nu in de Mercatorprojectie door een rechte lijn voorgesteld, omdat zij de lijn is, die een stelsel van evenwijdige lijnen onder gelijke hoeken snijdt. Uit de kaart is dus door het trekken van een rechte lijn de richting onmiddellijk af te leiden.

Op de kaart stelt elke breedteminuut tevens een zeemijl voor. Om den afstand van twee punten op de kaart te meten, neemt men deze in den passer en zet hem van de gemiddelde breedte der beide punten op de wassende breedteschaal voor de helft naar boven en voor de andere helft naar onderen uit en leest het aantal binnen den passer vallende boogminuten af, welk aantal tevens het aantal zeemijlen geeft.

Het breedteverschil der beide punten moet evenwel niet te groot zijn, in dit geva deelt men den afstand in een aantal deelen met minder breedteverschil.

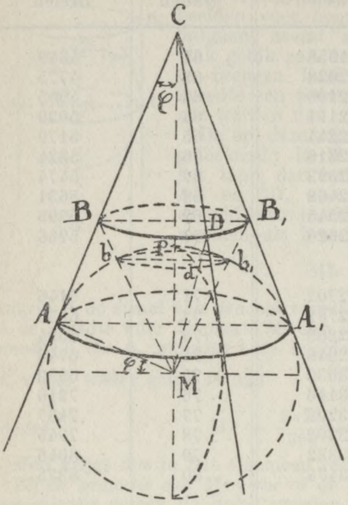


Fig. 4.

De Mercatorprojectie vindt verder toepassing voor kaarten der geheele aarde, indien het op de juiste voorstelling weinig aankomt, zooals wind en regenkaarten, kaarten voor zeestroomen of algemeene aardrijkskunde.

Voor de berekening van het hoofddriehoeksnet van Ned.-Indië wordt eveneens gedeeltelijk de projectie van Mercator gebezigd, waarbij de conforme overbrenging plaats heeft volgens een door prof. Schols ontwikkelde methode. De overzichtskaart van Ned.-Indië op 1: 2 500 000 is in deze projectie bewerkt.

2. *De kegelprojecties*, welke berusten op de methode van ontwikkeling van een kegel om den bol (fig. 4).

Volgens deze projectie stellen B en B′ de projecties op de kaart voor van de punten b en b′ op den bol en wordt de na ontwikkeling ontstaande cirkelboog BB′ met den straal BC de parallelcirkel dezer punten, terwijl de meridiaan CD van het punt d bij ontwikkeling een rechte lijn blijft. Ook hier zullen de breedtegraden niet gelijk blijven en bij hoogere breedte grooter worden. Bij de equidistante kegelprojectie maakt men ze weder gelijk en geeft men den middelsten parallelcirkel van de kaart in zijn werkelijke grootte weer. Deze projectie geeft voor landen met niet te groote uitgestrektheid in N.Z. richting slechts matige vervormingen.

Stelt nu OA (fig. 5) den middelsten of hoofdmeridiaan van de kaart voor en heeft men met den straal OA = R cot φ den boog aa′ van de projectie van den middenparallelcirkel beschreven, dan worden gelijke meridiaangraden van A uit boven en beneden daarvan uitgezet. Noemt men de lengte van een meridiaangraad l, dan is dus

$$l = \frac{2 R \varphi}{360}$$

Door de deelpunten brengt men met O als middelpunt concentrische bogen, welke de andere parallelcirkels aangeven. Is de grootte van den middelsten parallelcirkelgraad $= l_1 =$ bA, dan is

$$l_1 = l \cos \varphi$$

en hoek $\alpha = \sin \varphi$ graden

waarmede de verschillende meridianen zijn te construeeren.

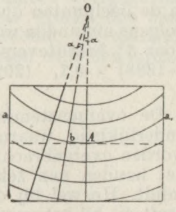


Fig. 5.

Zet men op de cirkelbogen van de kaart de ware lengten van de parallellen van het aardoppervlak uit en verbindt men de correspondeerende punten van een meridiaan, dan blijven deze niet meer recht, maar worden gebogen lijnen. Men krijgt dan *de gewijzigde projectie van Flamsteed* of de projectie van *Bonne*, ook *Projection du Dépôt de la Guerre* genaamd, daar zij in 1803 voor de topografische kaart van Frankrijk werd aangenomen. Zij is ook voor de vervaardiging van onze topografische kaarten en voor de rivierkaart gebezigd en behoort tot de z.g. equivalente of vlakte-gelijke projecties d. w. z. de inhouden der figuren zijn daarbij gelijk.

De meeste atlaskaarten, o. a. die van Stieler zijn volgens deze projectie geteekend.

De projectie van de aardellipsoïde, zooals bij de vervaardiging onzer topografische kaarten toegepast, is als volgt: (fig. 6).

De middelste meridiaan, gaande door het centrale punt M der kaart, wordt door

de rechte lijn YY voorgesteld. De parallellen aan den evenaar worden voorgesteld door cirkelbogen met een gemeenschappelijk middelpunt T op den hoofdmeridiaan gelegen. De straal MT hangt af van de geografische breedte van het punt M. Is deze breedte φ_0 en de daarbijbehoorende normaal N_0 (welke in de plaats treedt van den straal in het geval van een aardellipsoïde) dan is de straal

$$MT = N_0 \cot \varphi_0$$

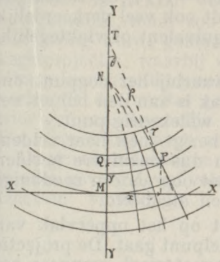


Fig. 6.

en gelijk aan de raaklijn in M aan den meridiaan, begrepen tusschen dit punt en het snijpunt met het verlengde der kleine as van de aarde. De projectie heeft nu de eigenschap, dat de afstanden in de richting van den hoofdmeridiaan YY en verder in de richting van alle parallellen hun ware lengte behouden. Behalve deze hoofdmeridiaan worden alle meridianen flauw gebogen lijnen, die naar een punt N convergeeren, zijnde de projectie van de pool.

Voor de genoemde kaarten gaat de hoofdmeridiaan over den Westertoren te Amsterdam en is het centrale punt M op dien meridiaan zuidelijk van Breda op een breedte van $\varphi_0 = 51° 30'$ gelegen. Voor een bepaald punt, waarvan de geografische ligging bekend is, is de grafische ligging op de kaart door berekening te vinden ten opzichte van het stel rechthoekige assen YY en XX (in M loodrecht op YY). Is van een punt P de lengte λ en de breedte φ, dan is de afstand MQ op den eersten meridiaan

$$MQ = s = \int_{\varphi_0}^{\varphi} R \, d\varphi$$

waarin R de kromtestraal van den meridiaan en

$$TQ = MT - s = MT - \int_{\varphi_0}^{\varphi} R \, d\varphi$$

Zijn de polaire coördinaten van het punt P ρ en θ, dan zijn de rechthoekige coördinaten

$$X = \rho \sin \theta$$
$$Y = s + X \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\theta$$

Door de kaartprojectie ontstaat vervorming en wel in de afwijking van den hoek tusschen meridiaan en parallel, welke op de aarde recht zijnde, bij de kaart, behalve op den eersten meridiaan en de parallel in M, van 90° verschilt en welk verschil grooter wordt, hoe verder men zich van den eersten meridiaan en van de parallel in M verwijdert. Stelt men dit verschil of den hoek tusschen meridiaan PN en straal PT van de parallel door γ voor, dan wordt deze gevonden uit

$$\operatorname{tg} \gamma = \rho \frac{d\theta}{d\rho}$$

of daar $\rho\,\theta = r\,\lambda$

waarin r de straal van den parallelcirkel,

wordt $$\operatorname{tg} \gamma = \lambda \sin \varphi - \theta = \lambda \left(\sin \varphi - \frac{r}{\rho} \right)$$

Bij onze topografische kaart is de waarde van γ het grootst in het NO van Groningen (ongeveer tot 3'), voor de rivierkaart is de grootste waarde 50''. De vervorming in de afstanden kan bij de topografische kaart tot 1/2300 opklimmen.

Tengevolge van de verandering in de hoeken krijgt men voor de bepaling der punten ingewikkelde berekeningen.

Bij de topografische kaart zijn van de primaire punten en secundaire hoofdpunten alle geographische coördinaten berekend. Men vindt op de rivierkaart op ieder blad minstens één punt op deze wijze berekend. De overige punten (tertiaire punten zijn vastgelegd aan twee of meer punten van den tweeden rang, of hoekpunten van een aaneengesloten reeks driehoeken, die punten van den tweeden of derden rang onderling verbinden (punten van den vierden rang).

Stelt men de parallelcirkels in plaats van door cirkelbogen door rechte lijnen voor, waarbij weder de werkelijke lengten der parallelgraden wederzijds van den middenmeridiaan worden uitgezet en deze voor de correspondeerende meridianen verbonden, dan krijgt men de projectie van *Nikolaas Sanson* (1646—1719), die ze bezigde voor de vervaardiging van hemelkaarten. De projectie wordt ook veel verkeerdelijk die van *John Flamsteed* genoemd. Ook deze projectie is equivalent of vlaktegelijk.

Onder de groep B behooren

1. *De orthografische projecties*, (of gewone loodrechte) waarbij het oogpunt oneindig ver weg gelegen is en het vlak van teekening raakvlak is aan den bol en wel in de pool, in den equator, of volgens den horizon van een willekeurig punt.

Niettegenstaande de plastische werking dezer projectie bezigt men haar zelden, daar de breedten naar de randen aanzienlijk afnemen en dus onzuivere beelden verkregen worden. Alleen hemellichamen, welke zich aan het oog als een zoodanige projectie voordoen, zooals de maan, kunnen daarin worden afgebeeld.

2. *De stereografische projecties*, waarbij het oogpunt ligt op het oppervlak van den bol en het vlak van teekening gewoonlijk door het middelpunt gaat. De projectie heet polair, wanneer het oogpunt gelegen is in de pool, equatoriaal, wanneer het in den equator en horizontaal, wanneer het in een willekeurig punt gelegen is.

Deze projecties hebben de volgende eigenschappen:

a. de projecties van alle bolcirkels, welke *niet* door het oogpunt gaan, worden weer cirkels,

b. alle hoeken op het boloppervlak zijn gelijk aan de hoeken in de projectie, d.w.z. de projecties zijn hoekgelijk.

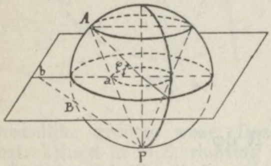


Fig. 7.

Bij de *stereografische polaire projectie* volgens fig. 7 worden de parallelcirkels concentrische cirkels met den in het vlak van teekening liggenden equatorcirkel en de meridianen rechte stralen, welke met elkaar hoeken maken, gelijk aan die der lengtegraden.

De straal r van de projectie van een parallelcirkel op de breedte φ vindt men uit

$$r = R \operatorname{tg} \left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Daaruit volgt de volgende constructie dezer parallelcirkels (fig. 8). Stelt de cirkel ABCD den equatoriaalcirkel voor, dan geven de stralen in de deelpunten van den in b.v. 10 graden verdeelden equatorcirkel de meridianen volgens deze lengten. Verbindt men nu het punt B met deze deelpunten, dan snijden deze lijnen den meridiaan AC in eenzelfde aantal breedten, overeenkomende met 10, 20, 30, enz., graden. De door deze snijpunten getrokken concentrische cirkels stellen dan de parallelcirkels op deze breedte voor. De punten A van het boven den equator gelegen halfrond vallen volgens de projectie alle binnen den equatorcirkel, de punten B van het daaronder gelegen halfrond evenwel daarbuiten, en voor de aan de pool gelegene ver daarbuiten, zoodat afbeelding van de geheele aarde op een enkel blad niet mogelijk is.

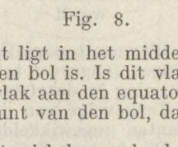


Fig. 8.

De *stereografische equatoriaalprojectie* vindt men op dezelfde wijze.

3. *De centrale of gnomonische projecties*, waarbij het oogpunt ligt in het middelpunt van de aarde en het vlak van teekening raakvlak aan den bol is. Is dit vlak raakvlak aan de pool, dan heet de projectie polair, is het raakvlak aan den equator, dan heet zij equatoriaal en is het raakvlak in een willekeurig punt van den bol, dan heet zij horizontaal.

De gnomonische projecties hebben de eigenschap, dat de groote cirkels van den bol als rechte lijnen worden weergegeven en vinden daardoor veel toepassing bij de scheepvaart. Zooals reeds medegedeeld, vaart een schip gewoonlijk in den loxodroom d. i. een lijn op den bol, welke alle meridianen onder gelijken hoek snijdt (de koers). Bij langere vaart volgt men evenwel de kortste verbindingslijn van twee punten, d. i. die van den verbindenden grooten cirkel. In dit geval bezigt men gno-

monische kaarten, waarbij deze groote cirkel volgens een rechte lijn wordt weergegeven en waarbij de koers telkenmale moet worden veranderd.

Om de vervorming bij kaarten nog meer te reduceeren, maakt men gebruik van de zg. *polyederprojectie*. Hierbij wordt het in kaart te brengen deel der aardellipsoïde door middel van parallellen en meridianen verdeeld in trapeziumvormige stukken, die ieder op zichzelf volgens een conforme projectie naar het platte vlak worden overgebracht, maar zoo klein worden genomen, dat de verandering in vergrooting zoo gering wordt gemaakt, als men zelf verkiest. Men kiest daarbij de conforme kegelprojectie, waarbij de meridianen worden voorgesteld door rechte lijnen, die elkaar in eenzelfde punt snijden op grooten afstand van het centrale punt in het verlengde der aardas gelegen en waarbij de parallellen concentrische cirkels zijn, wier gemeenschappelijk middelpunt samenvalt met het snijpunt der meridianen. De vergrooting langs eenzelfde parallel heeft daarbij een constante waarde.

De graadverdeelingen kunnen evenwel in een plat vlak niet tot een sluitend geheel worden gevoegd, wel volgens een veelvlakkig lichaam, waarvan de graadafdeelingen facetten vormen.

Hulpmiddelen bij het richten en meten.

Litteratuur.

A. Vürtheim. Handleiding voor laboranten en analisten. W. L. en J. Brusse. Rotterdam 1913, f 0,90.
Otto Wawrziniok. Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- und Bauingenieure. Berlijn Julius Springer 1908 k.
Dr. Ch. M. Schols. Landmeten en waterpassen. 1912. 9e druk. Kon. Mil. Ac. Breda, f 3,20.
Ostwald-Luther. Physiko-Chemische Messungen. 3e druk 1910. Wilh. Engelmann, Leipzig.
Prof. Galle. Mathematische Instrumente 1912.
R. Hugershoff. Die geodätische und astronomische Instrumente des Forschungsreisenden. Konrad Wittwer. Stuttgart.

Bij de keuze van de hulpmiddelen moet men de nauwkeurigheid der methode en de gewenschte nauwkeurigheid in een goede overeenstemming brengen. Is de gewenschte nauwkeurigheid klein, dan kan de zuiverheid der methode of der met het hulpmiddel te verkrijgen uitkomst ook worden verminderd. (Zie ook het onderwerp „Nauwkeurigheid bij waarnemingen.")

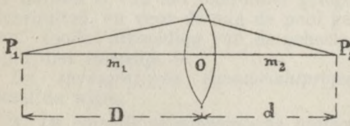
Het oog.

De afstand van duidelijk zien is op 25 cM vastgesteld, omdat een normaal oog een voorwerp op 25 cM afstand het best en zonder vermoeid te worden ziet. Bij grooter afstand past (accomodeert) zich het oog daaraan aan door verwijding van de pupil. Bijziende personen hebben een gezichtslengte tot 10 cM en minder, verziende menschen tot 50 cM en meer. Met passende brillen gewapend zien zij op normalen afstand van duidelijk zien. Van voorwerpen, op verschillenden afstand gelegen, kan het menschelijk oog slechts één duidellijk zien, zoodat b.v. bij draadvizieren nooit de draad en het voorwerp gelijktijdig duidelijk worden gezien. Voor de zichtbaarheid van een voorwerp is een netvliesbeeld van minstens 0,09 μ of 0,000 09 mM noodig of zal het voorwerp minstens 1,5 μ = 0,0015 mM groot moeten zijn.

Een oog kan onderdeelen van een voorwerp nog onderscheiden, wanneer de hoekafstand, d. i. de hoek tusschen de verbindingslijnen dier onderdeelen met het oog, niet kleiner is dan ongeveer 1 minuut. Dan bedraagt de afstand dier onderdeelen op het netvlies niet minder dan 0,0045 mM en treft dan verschillende zenuwstaafjes, hetgeen voor het ontstaan van verschillende beelden noodig is. Bij kleineren hoekafstand wordt slechts één beeld waargenomen. Heeft men dus twee evenwijdige lijnen op 1' hoekafstand van elkaar gelegen, dan zal dit paar op den afstand van duidelijk zien als één lijn worden gezien. Voor het onderscheiden van beide lijnen zullen deze op kleineren afstand voor het oog moeten worden gebracht.

Lenzen.

Men heeft convergeerende en divergeerende lenzen; bij de eerste treedt het invallend licht convergeerend, bij de tweede divergeerend uit de lens. De lichtstraal, uitgaande van een lichtend punt P_1 op de hoofdas (verbindingslijn der krommingsmiddelpunten) van de lens gelegen, wordt door de lens gebroken en snijdt de hoofdas in het punt P_2 (fig. 1). Zijn de afstanden van P_1 en P_2 gerekend tot het midden van de lens, D en d; is n de brekingscoëfficiënt van het licht voor de glassoort, waaruit de lens bestaat, en zijn R_1 en R_2 de stralen van de boloppervlakken der lens (met de middelpunten m_1 en m_2), dan bestaat tusschen de afstanden D en d het volgende verband :



Fig, 1.

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Wordt D oneindig of de lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas, dan is $\frac{1}{D} = 0$ en

$$d = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

Noemt men het punt, waarin deze evenwijdige lichtstraal na breking door de lens de hoofdas snijdt, het *hoofdbrandpunt* en den afstand van dit punt tot het midden van de lens den hoofdbrandpuntsafstand = f, dan is dus

$$f = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

of $$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right),$$ zoodat formule (1)

overgaat in $$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Bij convergeerende lenzen is f positief, bij divergeerende lenzen negatief te nemen.

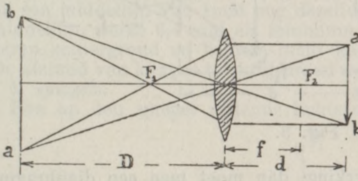


Fig. 2.

Constructie van het door een lens gevormde beeld van een voorwerp: Stralen evenwijdig aan de hoofdas gaande komen in het hoofdbrandpunt samen. Stralen door het *optisch middelpunt* van de lens gaande, veranderen niet van richting, d.w.z. gaan ongebroken door.

Fig. 2 geeft de constructie van het beeld van een voorwerp, hetwelk gevormd wordt door een convergeerende lens.

Kijkers.

Kijkers bevatten twee lenzen of lenzenstelsels; door het eene stelsel of objectief, dat veelal bestaat uit een biconvexe lens, wordt van een voorwerp een beeld gevormd, dat door het tweede stelsel of oculair aan het andere einde vergroot wordt waargenomen. De objectieflens heeft relatief grooter brandpuntsafstand dan het oculair en is bij *meetkijkers* uit meerdere lenzen samengesteld om de afwijkingen wegens bolvorm en de chromatische afwijking op te heffen. Het oculair is steeds uit meerdere lenzen samengesteld en verplaatsbaar. De meest gebruikelijke oculairsystemen zijn die van *Ramsden* en van *Huygens* of *Campani*. Het *oculair van Ramsden*, bestaande uit twee met de bolle zijden naar elkaar gekeerde platbolle lenzen met denzelfden hoofdbrandspuntafstand, wordt bij voorkeur gebezigd tot het waarnemen van voorwerpen op grooten afstand, daar men hierbij het diaphragma met de kruisdraden een onveranderlijke plaats kan geven in de buis, die het objectief bevat en dus een verandering in de richting van de optische as tengevolge van de verschuiving van het oculair niet kan plaats hebben. Moet men niet ver verwijderde voorwerpen op verschillende afstanden waarnemen, zoodat het beeld niet altijd op dezelfde plaats ontstaat en het kruispunt alzoo verplaatsbaar moet zijn, dan wordt met voordeel het *oculair van Huygens* aangewend. Behalve dat hierbij de storende invloed van de kleurschifting op de duidelijkheid van het objectiefbeeld wordt weggenomen, wordt tevens de afwijking wegens bolvormigheid verminderd en het gezichtsveld vergroot. Bij den *Hollandschen kijker* of kijker van *Galileï* bestaat het oculair uit een divergeerende lens, welke het voordeel heeft, dat men bij een geringe lengte van den kijker rechtopstaande beelden krijgt, hetgeen bij den gewonen of astronomischen kijker (fig. 3) niet het geval is. De vergrooting is echter in den regel gering.

Wil men geen omgekeerde, maar rechtopstaande beelden hebben, dan maakt men gebruik van den *terrestrischen* kijker, waarbij tusschen objectief en oculair vóór het oculair een stel van twee convexe lenzen is ingeschakeld, welke van het omgekeerde beeld een rechtopstaand beeld van dezelfde grootte vormen.

De constructie van het beeld in een gewonen kijker is in fig. 3 aangegeven. Bij

grooten afstand D van het voorwerp zal het beeld dicht bij het brandpunt F van het objectief vallen en kan $f_1 = d$ worden aangenomen.

De *vergrooting* bij een astronomischen kijker is gelijk aan de verhouding der hoeken, waaronder men het reëele objectiefbeeld ziet van uit het optisch middelpunt van het oculair en van uit het optisch middelpunt van het objectief. Deze verhouding is benaderd ook gelijk aan die der hoofdbrandpuntsafstanden van objectief f_1 en oculair f_2 of:

$$V = \frac{f_1}{f_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Goede landmeetinstrumenten hebben vergrootingen van 20 tot 30 maal.

De vergrooting van een kijker kan als volgt worden bepaald:

1. bij zwakke vergrootingen door het dubbelzien nl. met één oog door den kijker en met het andere naar het voorwerp. Het vereischt eenige oefening, welke kan worden vergemakkelijkt door gebruik te maken van een camera-lucida.

2. Het vergrootingscijfer wordt ook bepaald door het quotiënt van de objectiefmiddellijn en van den oogring. Komt door een diaphragma het randgedeelte van het objectief niet tot werking, dan moet men een diaphragma op het objectief plaatsen. De diameter van den oogring bepaalt men met den dynameter van *Ramsden*. Ook kan men in plaats daarvan een glasmikrometer of een matglas met schaalverdeeling in millimeters nemen en de oogringmiddellijn met een loupe afmeten. De kijker wordt eerst op een vèr verwijderd voorwerp ingesteld en daarna naar den hemel gericht, zoodanig, dat het objectief een vollen lichtbundel opneemt.

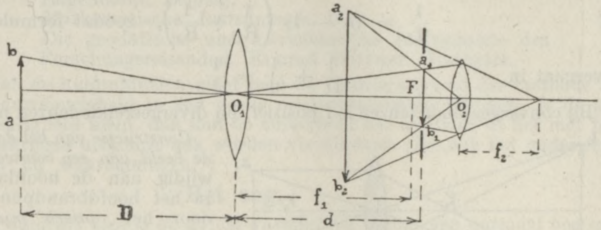


Fig. 3.

3. Bij sterk vergrootende kijkers bepaalt men de brandpuntsafstanden van objectief en oculair, welker verhouding zooals we gezien hebben, de vergrooting aanduidt. Om die van het oculair te meten, ontwerpt men van een vèrgelegen begrensd voorwerp een beeld, dat met behulp van een mikroscoop voorzien van oculair-mikrometer wordt gemeten. Ontwerpt men daarna van hetzelfde voorwerp en op denzelfden afstand met behulp van een mikroscoop-objectief of loupe van bekenden brandpuntsafstand een beeld, dan is uit de verhouding tusschen de afmetingen der beide beelden de brandpuntsafstand van het oculair bepaald.

Het *gezichtsveld* van een kijker wordt bepaald door den hoek van den kegelbundel, welke de opening van het diaphragma doorlaat. De middellijn dezer opening is ongeveer gelijk aan de helft van den brandpuntsafstand van het oculair. De gezichtshoek is dus

$$\alpha = \frac{a}{f_1}\,\rho = \frac{0{,}5\ f_2}{f_1}\cdot\rho$$

of daar volgens (1) $\qquad \dfrac{f_2}{f_1} = \dfrac{1}{V}$

wordt $\qquad \alpha = 0{,}5\ \dfrac{\rho}{V}$

alzoo kleiner hoe grooter de vergrooting.

De *helderheid van een verrekijker* is steeds geringer dan die met het zien door het vrije oog en wel 0,85 van deze als maximum. Minder dan de halve helderheid past men niet toe. In het algemeen neemt bij eenzelfde objectiefopening de helderheid af hoe grooter de vergrooting is.

De lichtsterkte van een kijker wordt beoordeeld naar de dwarsdoorsnede van den uittredenden lichtbundel (oppervlak van de uittredingspupil), welke wordt uitgedrukt in een maat, waarbij een cirkelvlak van 1 mM middellijn de eenheid is. Bij goed

daglicht is een uittredingspupil van 3 mM, bij helderen zonneschijn van 2 mM en bij zwakke verlichting van 5 mM vereischt.

Bij meetkijkers bevinden zich op de plaats, waar het beeld van het objectief gevormd wordt, alzoo bij het diaphragma, kruisdraden, welke met het oculair zijn opgenomen in een oculairbuis. Tevens is verplaatsing mogelijk van het oculair ten opzichte van de kruisdraden door middel van een derde buisje.

Vormt het beeld zich niet in het vlak der kruisdraden, dan ontstaat verschilzicht of parallax, hetgeen men kan constateeren door het oog voor den kijker heen en weer te bewegen; de oculairbuis moet worden *uit*geschoven, wanneer het kruispunt der draden zich *met* het oog, en *in*geschoven, wanneer het zich *tegengesteld aan* het oog beweegt. Om het beeld en de draden duidelijk te zien, moet het derde buisje in de oculairbuis worden verschoven.

De nauwkeurigheid van het richten is vooral afhankelijk van de vergrooting van den kijker.

Het richten van lijnen.

Het richten van lijnen geschiedt door middel van:

a. vizieren (kruisdraden met kijkspleet of gat, enz.).

Men kan zuiverder richten, wanneer het vizier van het buitenlicht is afgesloten. Verder ziet men door een kijkgat scherper dan door een spleet. Het kijkgat kan bij een middellijn van 1mM nog dezelfde nauwkeurigheid geven als een met kleiner middellijn, welke 0,4 mM als minimum moet bedragen. Bij goede verlichting, donkeren achtergrond en heldere lucht kan men op 10 secunde nauwkeurig richten. De afstand van kijkgat tot kruisdraad mag evenwel niet minder dan 25 cM bedragen.

b. spiegels.

Een op den spiegel vallende lichtstraal wordt onder denzelfden hoek teruggekaatst. Is de spiegel niet parallel of even dik, dan zal men van een ver verwijderd voorwerp (b.v. ster) meer dan één beeld zien. Is het oppervlak niet volkomen vlak, dan zal een scherp begrensd voorwerp niet helderschijnen.

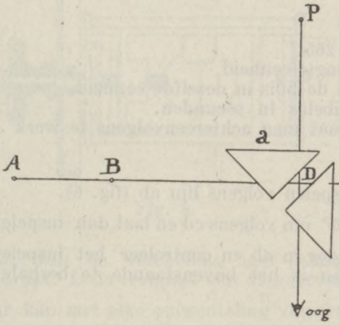


Fig. 4.

c. glasprisma's (van *Bauernfeind*).

Alle lichtstralen, welke op een rechthoekszijde van een gelijkbeenig rechthoekig prisma vallen en welke *twee*maal gebroken en inwendig *één*maal teruggeworpen worden, treden zoodanig uit de andere rechthoekszijde, alsof zij geheel niet gebroken en slechts door het hypotenusavlak eenvoudig worden teruggeworpen.

Worden de lichtstralen inwendig *twee*maal gebroken en *twee*maal teruggeworpen, dan maken zij bij het uittreden met de oorspronkelijke richting een rechten hoek.

Geen afwijking in richting zal de lichtstraal vertoonen, wanneer deze evenwijdig loopt aan het hypotenusavlak. In deze richting zal men dus twee voorwerpen zien samenvallen, wanneer men het prisma in de verbindingslijn van deze voorwerpen houdt.

Moet met behulp van het prisma in het punt D (fig. 4) een loodlijn op de lijn A B C worden uitgezet, dan geeft men aan het prisma één der standen a of b. In stand a zoeke men het beeld van A dicht bij het hoekpunt van den

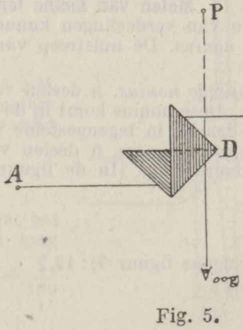


Fig. 5.

scherpen hoek in stand b daarentegen dichter bij dat van den rechten hoek.

Om te weten, of het prisma in de lijn AB is gelegen, moet men nagaan, of de beelden van A en B elkaar dekken of boven elkaar gelegen zijn. De baak P plaatst men nu zoo, dat zij met de punten A en B in dezelfde vertikaal komt te staan.

Moet met behulp van het prismakruis in het punt D een loodlijn op de lijn A B worden uitgezet, dan wordt het instrument gesteld in den in figuur 5 aangegeven stand. Om te weten, of het prismakruis in de lijn A B is gelegen, moeten de beelden van A en B in dezelfde vertikaal liggen. Hebben de beelden in de prisma's gezien ten opzichte van elkaar een anderen stand dan de gegeven voorwerpen A en B, dan moet men voorwaarts gaan, om de rechte lijn te bereiken, in het omgekeerde geval achterwaarts.

Het vertikaal stellen of aflooden.

Met het schietlood.

Het horizontaal stellen van een lijn of vlak.

Met libel of waterpas.

Het buisniveau.

De juistheid van aanwijzing van een waterpas met buisniveau wordt bepaald door het 180° te draaien, waarbij het moet blijven inspelen.

Is dit zoo, dan loopt dus de richtlijn van het niveau evenwijdig met den onderkant van het niveau en zal elke lijn, waarop het niveau geplaatst wordt, bij inspelende bel, horizontaal zijn. Wijkt de bel bij het 180° omzetten uit, dan moet de halve uitwijking door middel van de correctieschroef van het niveau worden weggenomen, welke bewerking wordt herhaald, totdat het niveau na het omzetten blijft inspelen.

De gevoeligheid van een libel wordt bepaald naar den uitslag in verhouding tot den hellingshoek; hoe grooter deze is, hoe gevoeliger het niveau. De verhouding wordt uitgedrukt door

$$\frac{a}{\varphi} = \frac{r}{206\,265}$$

waarin a de uitslag van de bel in lengte-eenheid,
r de straal van den boog van de buis in dezelfde eenheid,
en φ de hellingshoek van de libelas in secunden.

Bij het horizontaal stellen van een vlak gaat men achtereenvolgens te werk

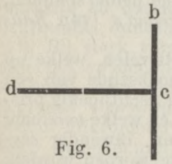


Fig. 6.

1. laat het waterpas inspelen volgens lijn ab (fig. 6).
2. draai het waterpas 90° om volgens cd en laat dan inspelen.
3. stel het waterpas weder in ab en controleer het inspelen; speelt het niet in, dan is het bovenstaande te herhalen.

He doosniveau.

Het richtvlak van het niveau moet evenwijdig zijn aan den onderkant van het niveau. Het horizontaal stellen van een vlak geschiedt door het doen inspelen van de bel van het niveau.

Meten van kleine lengte- en hoekverdeelingen.

Onderdeelen van verdeelingen kunnen worden geschat of afgelezen:

a. met den nonius. De nulstreep van den nonius dient als index voor de hoofdverdeeling.

1. *Terugloopende nonius.* n deelen van den nonius zijn gelijk aan n + 1 deelen van den rand. Deze nonius komt in de practijk weinig voor; de becijfering van den nonius loopt daarbij in tegengestelde richting van die van den rand.

2. *Gelijkloopende nonius.* n deelen van den nonius zijn gelijk aan n — 1 deelen van de hoofdverdeeling. (In de figuur is n = 10.)

Aflezing (volgens figuur 7): 12,7

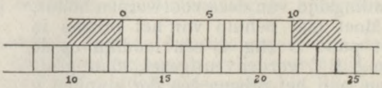


Fig. 7.

3. *Hoek- of cirkelnonius.* 30 deelen van den nonius zijn gelijk aan 29 deelen (bij een verdeeling tot in halve graden dus 14½ graad) van de hoofdverdeeling. Elk verschil tusschen een randdeel en een noniusdeel is dus gelijk aan $^1/_{30}$ gedeelte van een deel der hoofdverdeeling of $^1/_{30} \times 30$ minuten = 1 minuut.

b. Met behulp van microscoopaflezing.

In het vlak, waarin het beeld gevormd wordt, bevindt zich in het microscoop een glazen plaatje, waarop een fijne insnijding evenwijdig aan de randstrepen is geëtst en die den index vormt. Om de onderdeelen van een verdeeling te schatten vindt men op het plaatje naast dezen index een fijne verdeeling met een totale lengte juist gelijk aan een randdeel.

Meten van kleine verplaatsingen of lengten.

Met behulp van: *a. De micrometerschroef.*

Bij dit instrument worden de verplaatsingen van de schroefas, welke van een zuiveren fijnen schroefdraad is voorzien, bepaald door het aantal omwentelingen en gedeelten van een omwenteling af te lezen met behulp van de moer. Deze is daarvoor aan den omtrek van een verdeeling voorzien, waarvan onderdeelen nog met een nonius zijn af te lezen. Een omwenteling van de schroef of moer komt overeen met een verplaatsing gelijk aan den spoed van de schroef; is de omtrek van de moer in honderd deelen verdeeld, dan zal dus een wenteling over een deelstreep overeenkomen met $^1/_{100}$ gedeelte van den spoed.

b. De schroefmicroscoop.

De schroefmicroscoop is een combinatie van de micrometerschroef en het microscoop. De eerste vervangt hierbij den nonius van het afleesmicroscoop en bestaat uit een verplaatsbaar raampje (fig. 8) met indexlijn, welke kan verschoven worden langs een vast aan den leider van het raampje bevestigde tandverdeeling. De afstand van twee op elkaar volgende tanden is gelijk aan den spoed van de micrometerschroef, terwijl de totale lengte van den kam tusschen de eindtanden door het microscoop gezien gelijk is aan een verdeeling van de af te lezen schaal. Het aantal tanden van den kam wordt zoodanig gekozen, dat elke tandafstand overeenkomt met $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{6}$ enz. van de verdeeling, naar gelang deze in lengte-eenheid of minuten is uitgedrukt. Is de trommel van de micrometerschroefmoer in 100 of 60 deelen verdeeld, dan kan met elke omwenteling van een deelstreep $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{600}$ of $\frac{1}{360}$ van de schaalverdeeling worden afgelezen.

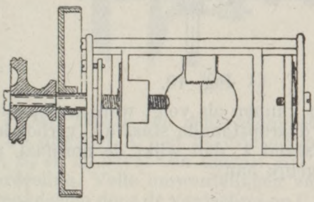


Fig. 8.

c. De meetwig (fig. 9).

Is de lengte van de meetwig l en zijn de dikten van de einden $\overline{ab}$ en $\overline{cd}$: d_1 en d_2, dan is de afmeting x op den afstand y van het einde c d:

$$x = d_2 + \frac{d_1 - d_2}{l} y.$$

Is l = 100 mM, d_1 = 15 mM en d_2 = 5 mM, waarbij de verdeeling op de wig in millimeters, dan vindt men voor het verschil van twee waarden x_1 en x_2:

$$x_1 - x_2 = \frac{1}{10} (y_1 - y_2)$$

Daar men onderdeelen van millimeters met het bloote oog nog in tiende deelen schatten kan, kan men met deze meetwig nog tot $\frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{100}$ millimeter nauwkeurig meten.

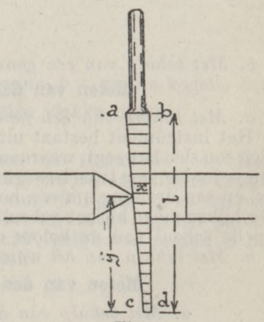


Fig. 9.

Meten van verdraaiingen en verschuivingen.

a. Met behulp van spiegelaflezing (fig. 10).

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de eigenschap, dat een op een spiegel vallende lichtstraal onder gelijken hoek met de normaal op de spiegelvlak wordt teruggekaatst. Bevindt zich op een afstand l van een spiegel s een schaalverdeeling m n, waarin bij het nulpunt o een spleet is aangebracht, waardoor de lichtstraal van een lichtbron wordt geworpen, dan zal deze lichtstraal bij een kleine verdraaiing v van den spiegel volgens een hoek 2 v worden teruggekaatst en bij r op de schaal vallen. Den draaiingshoek v vindt men dan uit:

$$\mathrm{tg}\ 2v = \frac{\overline{or}}{l}.$$

In plaats van de spleet met lichtbron kan men nauwkeuriger een kijker opstellen. Staat de spiegel loodrecht op de kijkeras, dan zal het nulpunt der schaalverdeeling met de kruisdraden samenvallen. Ziet men echter bij loodrechten stand van den spiegel de deelstreep d_1 en bij verdraaiing de deelstreep d_2, dan is de draaiingshoek bepaald door

$$\mathrm{tg}\ 2v = \frac{d_2 - d_1}{l}.$$

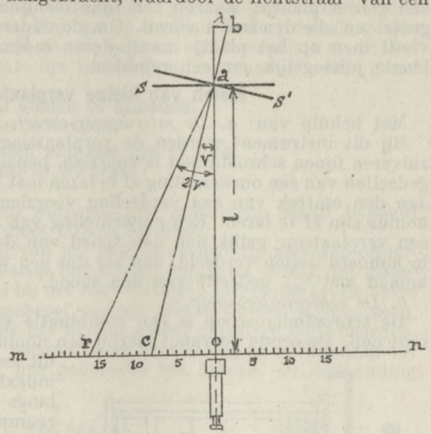


Fig. 10.

Kleine verschuivingen of lengteveranderingen kunnen als volgt worden bepaald. Is met de as a van den spiegel een loodrecht daaropstaande staaf ab verbonden en verplaatst zich het eindpunt b over een afstand λ, dan wijkt de normaal ac van den spiegel op de schaal een bedrag uit gelijk aan

$$\lambda \frac{l}{\overline{ab}}$$

waarbij ondersteld wordt, dat de draaiing zóó klein is, dat men de tangent door den boog kan vervangen. De lichtstraal wijkt evenwel het dubbele bedrag uit of

$$\overline{or} = 2\,\lambda \frac{l}{\overline{ab}}$$

waaruit

$$\lambda = \frac{\overline{or} \times \overline{ab}}{2\,l}$$

of bij twee aflezingen d_1 en d_2 van den kijker:

$$\lambda = \frac{(d_2 - d_1)\ \overline{ab}}{2\,l}$$

b. Met behulp van een goniometer.

Meten van den vertikalen afstand van twee punten.

a. Met behulp van den kathetometer.

Het instrument bestaat uit een verticale kolom met schaalverdeeling, waarlangs zich een slee beweegt, waaraan een kijker is bevestigd. Deze bezit behalve de beweging langs de slee, nog twee bewegingen nl. een draaiing met de kolom rondom een verticale as, en een draaiing om een horizontale as, welke loodrecht op de kijkeras is gericht. De kijker moet bij het gebruik horizontaal gericht zijn. De stand van de slee wordt op de schaal van de kolom met behulp van een nonius aangegeven.

b. Met behulp van het waterpas of waterpasinstrument (fig. 29 en 30).

Meten van den horizontalen afstand van twee punten.

a. Met behulp van het schietlood en horizontaalmeting.
b. Met behulp van den theodoliet uit driehoeksmeting.

Meten van de dikte van platen, voorwerpen, enz.

a. Met behulp van den micrometer (fig. 11).

Dit instrument bevat een micrometerschroef, waarbij de spoed van den schroefgang veelal 1 mM bedraagt. Met de schroefas is de huls E vast verbonden, welker omtrek in 100 gelijke deelen is verdeeld. Op B is een langsverdeeling in millimeters aangebracht, waarbij de lijn van begrenzing tusschen B en E als index dient. Deze schaal geeft het aantal millimeters dikte van het voorwerp aan, terwijl honderdste deelen daarvan op E kunnen worden afgelezen.

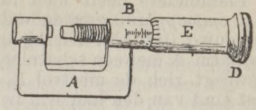


Fig. 11.

b. Met behulp van den schuifpasser.

Deze heeft men in den handel zonder en met nonius (fig. 12) en ook met micrometerschroef (fig. 13).

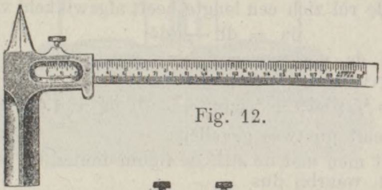


Fig. 12.

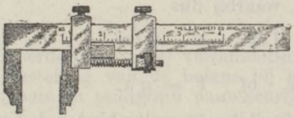


Fig. 13.

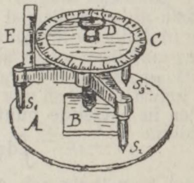


Fig. 14.

c. Met behulp van den sphärometer (fig. 14).

De drievoet A met de drie op gelijken afstand van elkaar liggende voetpunten S_1, S_2 en S_3 bevat een schroef BD met knop D, waaraan een tafel C met schaalverdeeling. Volle omwentelingen van deze tafel worden op de schaal E afgelezen; breukdeelen door de verdeeling op C. Om de dikte van een plaat te bepalen, legt men het instrument op de onderlegplaat van spiegelglas A en draait men aan schroef D tot het punt B de glasplaat even aanraakt. men leest af en legt daarna de te onderzoeken plaat op A en herhaalt de bewerking. Het verschil der beide aflezingen geeft de dikte van de plaat.

Meten van den kromtestraal van oppervlakken.

a. Met behulp van den sphärometer (fig. 14).

Stelt men de punten S_1 S_2 S_3 en het schroefpunt B in één vlak, en zet men den sphärometer daarna op een bolvormig oppervlak met den straal R, dan zal men de schroef een bedrag h moeten opdraaien, willen de vier punten het oppervlak aanraken. Uit de hoogte h vindt men

$$R = {}^1/_2\, h + {}^1/_6\, \frac{d^2}{h}$$

waarin d de onderlinge afstand der punten S.

b. Met behulp van den kathetometer bij grootere kromming, b.v. groote kogels, enz.

Meten van het oppervlak van een willekeurige vlakke figuur.

a. Met behulp van papier.

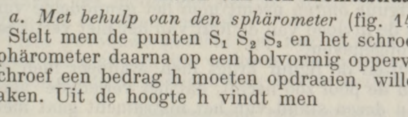


Fig. 15.

Teeken de figuur op een blad papier en snijdt haar uit. Is het gewicht van de figuur P en dat van een zeker kwadraat van het papier, b.v. a^2 cM^2, gelijk aan p, dan is het oppervlak

$$O = a^2\, \frac{P}{p}.$$

b. Met behulp van den planimeter (fig. 15).

Planimeters heeft men in verschillende soorten; de meest gebruikelijke is de z.g. *omloopplanimeter* en wel de poolplanimeter van *Amsler* door *Coradi* te Zürich gebouwd (fig. 15). Hierbij is b de vastliggende pool, p de poolarm, waarmede de looparm A met een scharnier D verbonden is. Op zekeren afstand l van dit scharnier beweegt zich de meetrol L, waarvan de schijf vertikaal op den looparm staat. Aan het eind van den looparm bevindt zich de loopstift f, waarmede de te meten figuur wordt rondgegaan.

Stelt fig. 16 nu schematisch den stand van het instrument op twee opvolgende plaatsen van de loopstift S voor en is de poolarm met lengte p daarbij een hoek $d\varphi$ gedraaid en de looparm met lengte q een hoek $d\psi$ en daarbij een afstand dh evenwijdig verplaatst, dan heeft men dus voor het oppervlak df liggende tusschen de beide standen van het armenstelsel:

$$df = {}^1/_2\, p^2\, d\varphi + {}^1/_2\, q^2\, d\psi + q\, dh$$

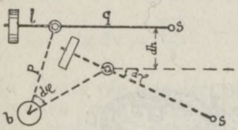


Fig. 16.

waarbij de rol zich een lengte heeft afgewikkeld van

$$da = dh - l\, d\psi$$

of dit in de vorige vergelijking gesubstitueerd na vermenigvuldiging met q:

$$df = {}^1/_2\, p^2\, d\varphi + {}^1/_2\, (q^2 + 2\, ql)\, d\psi + q\, da$$

Men heeft nu twee gevallen:

1°. Dat men met de stift de figuur buiten de pool omgaat en in hetzelfde punt terugkeert, waarbij dus

$$\int d\varphi = 0 \text{ en } \int d\psi = 0 \quad \text{alzoo}$$

$$\int df = \int q\, da \quad \text{of} \quad F = q\, a$$

2°. Dat men met de stift éénmaal om de pool gaat, welke binnen de figuur gelegen is, zoodat

$$F = (p^2 + q^2 + 2\, ql)\, \pi + q\, a$$

of

$$F = \text{constante} + q\, a$$

In dit geval kan door meting van een bepaald oppervlak de constante bepaald worden.

Opdat de meetrol ronde oppervlaktewaarden aangeeft, kan de looparm in verband met de schaal van de figuur in lengte veranderd worden en wordt deze instelling door een tabel bij het instrument medegegeven.

Bij de *compensatieplanimeter* van *Coradi* is het scharnier in een kogelgewricht veranderd en kan de looparm onder den poolarm doorgaan, zoodat men de rol bij vaststaande pool in twee tegengestelde standen brengen kan.

Loopt men nu in beide standen de figuur om en neemt men het gemiddelde van beide metingen, dan is daar bij tevens de invloed van de fout van het niet vertikaal zijn van het rolvlak op den looparm opgeheven.

De gunstigste plaats van de pool buiten de figuur krijgt men, wanneer men de loopstift midden in de figuur plaatst en de pool zoo neemt, dat het verlengde vlak van de meetrol door deze pool gaat. In dezen stand van het instrument gaat men in een cirkel naar den omtrek der figuur en kiest aldaar het beginpunt.

De gemiddelde fout van berekening met den planimeter bedraagt volgens *Jordan* $\pm$ 0.003 $\sqrt{F}$ cM^2 en met instrumentfouten medegerekend $\pm$ 0,03 $\sqrt{F}$ waarin F ook in cM^2.

Het bepalen van het volume van een willekeurig lichaam.

a. Bepaling van het gewichtsverlies bij indompeling in water.
b. Met behulp van een pyknometer.
c. Met behulp van een voluminometer (van *Regnault*).

Het bepalen van het inwendig volume van een glazen vat.

Men vult het met een vloeistof van een soortelijk gewicht s en weegt deze vloeistof. Is dit gewicht P, dan is het volume $\frac{P}{s}$.

Het bepalen van het gewicht van een lichaam.

a. Met behulp van de balans bij kleine gewichten (fig. 17).

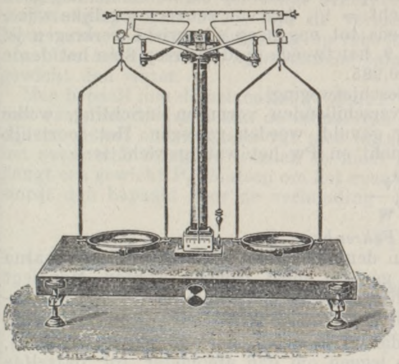


Fig. 17.

Hierbij mag de verandering der belasting slechts geschieden, als de balans gearrêteerd is. De stand van den wijzer op de schaalverdeeling wordt met een loupe afgelezen, waarbij tiende deelen worden geschat. Om de instelling van de balans te bepalen, terwijl zij schommelt, neemt men een oneven aantal (b.v. 5) omkeerpunten van den wijzer waar. Het gemiddelde van het rekenkundig gemiddelde der beide omkeerpunten geeft dan de gevraagde instelling. Is deze instelling voor een zekere belasting gelijk aan a_1, dan vermeerderd of verminderd men deze instelling met p milligram en bepaalt daarvoor de instelling a_2. De schaalwaarde van de balans is dan

$$s = \pm \frac{p}{a_2 - a_1} \text{ milligram}$$

(+ bij vermeerdering, — bij vermindering).

Is a_0 de instelling van de balans bij leege schalen, dan vindt men het gewicht van een lichaam in milligram nauwkeurig uit

$$G = P + (a_0 - a_1)\, s$$

Voor herleiding van het gewicht op het luchtledige moet men het soortelijk gewicht van de lucht λ en dat van de gewichtstukken d en van de te wegen stof d_1 kennen. Is G het gewicht, waarmede het lichaam in de lucht evenwicht maakt, dan is het gewicht in het luchtledige

$$G_l = G + G\lambda \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_1}\right)$$

Bij het gebruik van koperen gewichten is het gewicht op het luchtledige zelden meer dan 0,002 G hooger.

b. Bij gietstukken uit de gebezigde modellen.

Het gewicht van het model, gedeeld door het soortelijk gewicht van de stof, waaruit het model gemaakt is, wordt vermenigvuldigd met het soortelijk gewicht van het te gieten metaal.

Het gevonden gewicht zal nog moeten worden vermeerderd met het metaal voor den gietloop, den verloren kop en het aanhangsel in den smeltkroes, indien men het benoodigde gewicht voor het te bezigen metaal vooraf wil weten.

Bepaling van het soortelijk gewicht van vloeistoffen.

a. Door meting van het volume en weging.

Men meet het volume van een zekere hoeveelheid door middel van een pipet af, door deze tot de bepaalde merkstreep (1 cM^3) te vullen. Droogt men de punt goed af en bepaalt men het gewicht P (gram), dan is, als het gewicht van de ledige pipet p (gram) is, het soortelijk gewicht der vloeistof

$$P - p$$

b. Door middel van de balans van Mohr (hydrostatische balans).

Het beginsel berust op het verschil in opwaartschen druk van een glazen lichaam in de gegeven vloeistof en in water. Is de opwaartsche druk in de eerste P_V en in het water P_W, dan is afgezien van verschillende correcties het soortelijk gewicht

$$\frac{P_V}{P_W}$$

De arm van de balans is in tien gelijke deelen verdeeld; met ruitergewichten, waarvan één gewicht gelijk is aan het gewichtsverschil van het glazen lichaam in

water en verder met respectievelijk $^1/_{10}$ en $^1/_{100}$ daarvan, kan men het soortelijk gewicht direct aflezen. Men stelt nl. eerst het zware ruitergewicht, dat gelijk is aan het gewichtsverlies, zoover van de as op een deelstreep tot de balans nog geen evenwicht maakt; daarna een ruitergewicht $= {}^1/_{10}$ daarvan zoover op gelijke wijze, vervolgens het ruitergewicht $^1/_{100}$ eveneens tot nagenoeg evenwicht verkregen is.

Staat het eerste gewicht op deelstreep 9, het tweede op deelstreep 8 en het derde op deelstreep 5, dan is het s. gew. = 0,985.

c. Door middel van den pyknometer (fleschjesweging).

Men gebruikt hierbij fleschjes van verschillenden vorm en inrichting, welke met de vloeistof, en daarna met water gevuld, worden gewogen. Het soortelijk gewicht is dan, als P_V het vloeistofgewicht en Pw het watergewicht is:

$$\frac{P_V}{P_W}$$

d. Met behulp van den areometer van Fahrenheit.

Men bepaalt het gewicht P_0 gram van den areometer, en dompelt hem daarna in de vloeistof, waarvan het soortelijk gewicht moet bepaald worden. Men legt dan zooveel gewicht (P_1 gram) op de schaal, dat de meter inzinkt tot aan het op-het staafje aangebrachte merk. Het gewicht $P_0 + P_1$ is dan de opwaartsche druk in de vloeistof. Dompelt men het toestel daarna in water (soortelijk gewicht gelijk 1), en moet men P_2 gram op het schaaltje leggen om den areometer tot datzelfde merk te laten inzinken, dan is het soortelijk gewicht van de vloeistof bepaald uit

$$\frac{P_0 + P_1}{P_0 + P_2}$$

e. Met den volumeter of densimeter.

Men kan hierbij onmiddellijk het soortelijk gewicht van de vloeistof aflezen.

Volumeters zijn glazen areometers, waarvan het cilindervormige gedeelte boven in een lange dunne cilindervormige buis of steel en onder in een peervormig met kwik gevuld lichaam eindigt. Voor bepaling van het soortelijk gewicht van vloeistoffen grooter dan 1, is zooveel kwik aangebracht, dat de meter in zuiver water tot boven aan den steel inzinkt, waar de deelstreep 100 is aangebracht. Zinkt de meter in een andere vloeistof tot de deelstreep 80, dan is het soortelijk gewicht $\frac{100}{80} = 1.25$

Voor bepaling van vloeistoffen met kleiner soortelijk gewicht dan 1, is de hoeveelheid kwik zoodanig bepaald, dat de meter in zuiver water tot onder aan den steel inzinkt en is bij dit punt het getal 100 geplaatst. Leest men voor een vloeistof 125 af, dan is het soortelijk gewicht $\frac{100}{125} = 0{,}8$.

Bij den densimeter zijn bij de deelstrepen direct de soortelijke gewichten geplaatst, zoodat men deze direct afleest.

De toestellen zijn eenvoudig, maar doordat de aflezing niet scherp kan geschieden, niet al te nauwkeurig.

Bepaling van het soortelijk gewicht van vaste lichamen.

a. Door meting van het volume en weging.

Men bepaalt het volume door meting der afmetingen met den schuifpasser en bepaalt hieruit na weging het soortelijk gewicht.

Het volume kan men ook bepalen door het lichaam te werpen in een maatcilinder, welke gedeeltelijk met vloeistof is gevuld. Leest men het volume V van de verplaatste hoeveelheid vloeistof af en is het gewicht van het lichaam P, dan is het soortelijk gewicht

$$\frac{P}{V}$$

b. Met behulp van den areometer van Nicholson.

Men laat den areometer drijven in een cilinderglas, gevuld met een vloeistof van bekend soortelijk gewicht s_0. Men belast het bovenste schaaltje daarna met een gewicht P_1, waarbij de areometer tot een bepaald merkteeken inzinkt, neemt daarna dit gewicht weg en plaatst een gedeelte van de te onderzoeken stof op het bovenste schaaltje en bepaalt hoeveel gewicht er bij gevoegd moet worden, opdat de meter tot hetzelfde merkteeken inzinkt. Is dit P_2, en brengt men daarna de stof van het bovenste op het onderste schaaltje en bepaalt men, hoeveel gewicht P_3

op het bovenste schaaltje moet worden geplaatst, om den meter weder tot het merkteeken te doen inzinken, dan wordt het soortelijk gewicht voorgesteld door

$$\frac{P_1 - P_2}{P_3 - P_2} s_0.$$

Daar men niet met voldoende scherpte zien kan, wanneer het merk met den vloeistofspiegel samenvalt, zijn de verkregen uitkomsten niet zeer nauwkeurig. Voor ruwe voorloopige bepaling op reis (mineralen) is de meter te gebruiken.

c. Met behulp van de hydrostatische balans, bij lichamen met grooter soortelijk gewicht dan water.

Men bepaalt met de balans het gewicht P van het lichaam. Hangt men het lichaam met een dunnen draad aan de schaal van de balans en dompelt men het lichaam daarna geheel onder in een vat met water, dan zal door den opwaartschen druk het evenwicht verstoord worden en moet men op de schaal, waaraan het lichaam hangt een gewicht P_1 plaatsen om het evenwicht te herstellen. Het soortelijk gewicht wordt dan bepaald door de verhouding

$$\frac{P}{P_1}$$

d. Met behulp van den pyknometer.

Meten en bepalen van hoeken bij figuren of voorwerpen.

a. Met behulp van den graadboog al of niet ingericht tot hoekmeter.
b. Met behulp van een zwei- of zwei-transporteur (fig. 18).

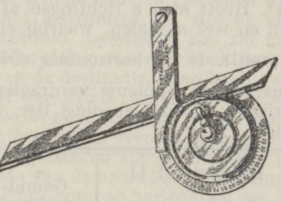


Fig. 18.

Meten van richtingshoeken.

Horizontale richtingshoeken op het veld. (Zie ook bij Landmeten.)
Met behulp van:
a. Landmeterskruis of equerre (fig. 19).
b. Spiegelkruis of hoekspiegel.
c. Prisma en prismakruis voor hoeken van 90° en 180° (fig. 20).
d. Theodoliet voor nauwkeurige waarnemingen. (fig. 21 en 22).



Fig. 19.

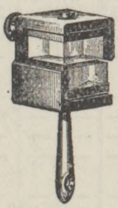


Fig. 20.

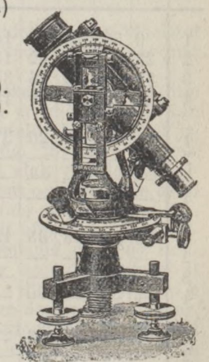


Fig. 21.

Dit instrument bezit een, op een onderstel met horizontalen cirkelrand (limbus), draaibaren bovenbouw met kijker. Bezit de laatste tevens een vertikalen cirkelrand zooals regel is, dan heet de theodoliet tevens *universaalinstrument*. Naar gelang de nauwkeurigheid bij het aflezen bij den eersten of den tweeden rand grooter is, bezigt men het instrument voor geodetische of astronomische waarnemengen. Het vaste onderstel bevat behalve de stelschroeven s de draaiingsas D, waarop het bovenstel met alhydade A vast verbonden is. Op deze alhydade bevindt zich het niveau voor instelling L_1 en aan de einden de nonii en afleesmicroscopen.

Vast aan de alhydade verbonden zijn de kijkerasdragers T. Voor de contrôle van de horizontale ligging van de kijkeras heeft men nog een opzetniveau L_2,

terwijl aan den kijker zelf veelal een niveau vast verbonden is, om dezen den horizontalen stand te kunnen geven. De alhydadeas kan in de draaiingsbus van het onderstel vastgeklemd worden door een klemschroef K, terwijl voor kleine bewegingen en fijne instelling daaraan een micrometerinrichting M verbonden is.

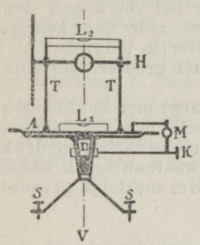


Fig. 22.

Voor magnetische declinatiebepalingen is het gewenscht, dat ter plaatse van het niveau L_2 een boussole kan worden opgezet. Verder bevat de kijker veelal de noodige kruisdraden en horizontale draden voor afstandsmeten. Bij zoogenaamde *repetitie-theodolieten* is ook de horizontale cirkelrand draaibaar en bezit zij bijzondere kleminrichting. Deze theodolieten en ook die met schaal- en schroefmicroscopen voor aflezing verdienen alleen de voorkeur bij geschoold personeel.

Voor een juiste meting zullen de assen V, H, L en de vizierlijn onderling nauwkeurig gesteld moeten zijn en wel zal $H \perp V$, $L \perp V$ en de vizierlijn loodrecht op H moeten zijn.

Nadat de theodoliet zuiver waterpas is ingesteld (wat vooral bij het richten op hooggelegen punten noodig is) richt men bij meting van horizontale richtingshoeken op de verschillende punten volgens de rij af van links naar rechts en leest men bij elke richting de microscopen af. Daarna worden na doorslaan van den kijker met het laatste punt te beginnen dezelfde aflezingen herhaald van rechts naar links. Voor het eerste punt kieze men algemeen de scherpst te stellen richting. Is de horizontale cirkelrand wrijvend draaibaar, dan stelt men hem bij de eerste richting ongeveer tusschen 0 en 1°. Heeft men *n* richtingen af te lezen, dan meet men de hoeken verschillende malen en wel *n* malen, waarbij elken keer de rand over een afstand $\frac{180^\circ}{n}$ verdraaid wordt. Is de horizontale cirkelrand vast bevestigd, dan moet men het geheele instrument opnieuw verdraaien en instellen om meerdere nauwkeurigheid te verkrijgen. De opteekening der waarnemingen kan volgens bijgaanden staat geschieden:

Richting	Kijkerstand I					Kijkerstand II					Gemiddelde uit I en II			Gereduceerd gemiddelde			Totaal gemiddelde		
	Nonius 1			Nonius 2		Nonius 1			Nonius 2										
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″
1	0	50	15	50	15	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	23	42	13	42	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	87	26	35	26	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	155	9	15	9	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	45	20	37	20	37	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	90	35	13	35	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	135	53	22	53	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

e. Boussole of kompas hoofdzakelijk voor het meten van azimuthen en bij minder nauwkeurige hoekmeting (fig. 23). Zij geeft de richtingshoeken betrekkelijk den magnetischen meridiaan (magnetisch azimuth), waarin zich de magneetnaald stelt. Om de richting ten opzichte van den astronomischen meridiaan of de ware noord-

zuidrichting (het ware azimuth) te weten, zal men de miswijzing of declinatie van de naald moeten kennen. Deze is ook op een bepaalde plaats niet constant, maar

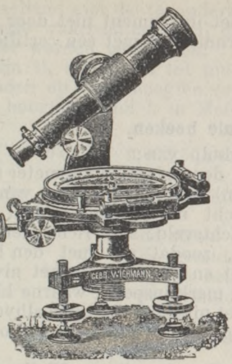


Fig. 23.

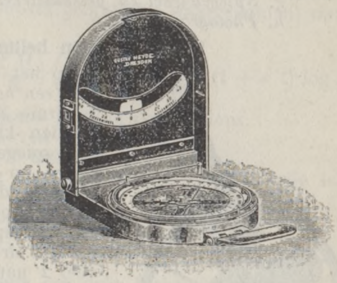


Fig. 24.

de dagelijksche en jaarlijksche schommelingen zijn klein ten opzichte van de onvermijdelijke meetfouten met het instrument. Al zijn er kaarten, waarop de lijnen van gelijke declinatie zijn aangeduid (isogonen), zoo zal men in vele gevallen deze zelf moeten bepalen. Bij de bepaling van den hoek tusschen twee richtingen vervalt natuurlijk de bepaling van de declinatie. Men heeft twee soorten van boussoles, de gewoonlijk op een statief geplaatste vizier- of *diopterboussole* ook *peilkompas* (fig. 23) genaamd en het losse *wegkompas* (fig. 24, systeem *Hugershoff*). Het peilkompas bezit een vizierinrichting, welke evenwijdig loopt aan de 0-graad-middellijn; de schaalverdeeling is in tegengestelden zin doorloopend in heele graden verdeeld, zoodat men aan het noordeinde van de naald (meestal blauw gekleurd) den richtingshoek direct afleest. Men stelt het kompas horizontaal op, leest in het algemeen, om de excentriciteit van de naald te elimineeren, aan beide einden af en neemt daarvan het gemiddelde. Bij het wegkompas, waar de aflezing geschiedt, wanneer men in beweging is, is een verdeeling in graden onnoodig en die van 10 tot 10 graden eventueel met tusschenverdeeling van 5 graden voldoende. Ook hier is een linksloopende doorgaande verdeeling van 0 tot 360° het beste.

Daar bij het peilkompas de demping van de naald door middel van een vloeistof geschiedt en de beweging dus traag is, wordt dit instrument voor wegkompas niet aanbevolen.

f. Sextanten en octanten (fig. 25 en 28). Hierbij worden hoeken gemeten in hun eigen vlak. Het voordeel van deze instrumenten is, dat men er van gebruik kan maken op punten, waar geen theodoliet kan worden opgesteld. Een nadeel is, dat zij minder nauwkeurig zijn. De instrumenten bezitten (fig. 25) twee spiegels A en B loodrecht staande op het vlak van den cirkelrand en waarvan de spiegel A om een vertikale as m draaibaar is. Aan dezen spiegel is de alhydade mn bevestigd, waarmede de hoek wordt afgelezen. Het nulpunt van den cirkelrand wordt bepaald door de richtingslijn mO, welke evenwijdig aan den spiegel B loopt. Neemt men met het oog s dus een voorwerp b door het onverfoeliede gedeelte van den spiegel B waar, dan zal met dit voorwerp het door den lichtstraal amps teruggekaatste beeld van een ander voorwerp a tot samenvallen kunnen worden gebracht door

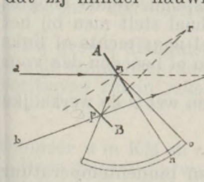


Fig. 25.

draaiing van den spiegel A door middel van de alhydade mn. Zijn mr en pr de loodlijnen op het vlak der spiegels A en B, dan weet men, dat $\angle$ r gelijk is aan de helft van $\angle$ s en daar $\angle$ r gelijk is aan $\angle$ nmo leest men dus op den cirkelrand de helft van den waargenomen richtingshoek s af. De verdeeling van den cirkelrand is echter zoodanig, dat halve graden door heele zijn aangeteekend; men leest dus in eens de juiste hoekwaarde af, die men zoekt.

Voor de zeevaart worden de instrumenten op 10 sec. nauwkeurig gecorrigeerd en leest men in de practijk op de halve minuut af, terwijl de waarnemingen veelal niet meer dan 1 minuut nauwkeurig zijn.

Daar het onderzoek naar de nauwkeurigheid van het instrument niet door den waarnemer zelf kan geschieden, neme men alleen instrumenten met een certificaat van een voor onderzoek bevoegde inrichting.

g. *Spiegelcirkel en prismacirkel* (fig. 26).

h. *Photogrammeter.*

Het meten van hellingen en vertikale hoeken.

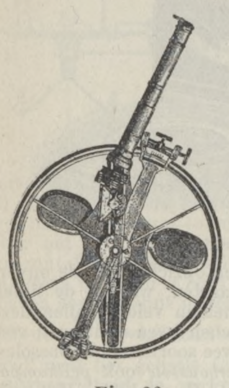


Fig. 26.

Op het terrein met behulp van:

a. *een hellingmeter.* Bij den spiegelhellingmeter (van de firma *Sprenger*, Berlijn) krijgt men de bel van een op den kijker aangebracht niveau door middel van een spiegel in het gezichtsveld. Men richt met den kijker op het voorwerp, zoodat dit met den horizontalen, draad samenvalt en stelt daarna het niveau tot het op een bepaald merk inspeelt, waarna bij de indexstreep van de aan het niveau bevestigde alhydade op een cirkelrand de hoogte wordt afgelezen (op ongeveer 2′ nauwkeurig).

De hellingmeter van *Brandis* (firma *Weiland* in Liebenwerda) bevat in een vlak cilindrische kast een draaiend opgehangen alhydade, met een door middel van een loupe afleesbare verdeeling, waarvan het nulpunt bij horizontalen stand van het vizier, dat terzijde is aangebracht, naast de oculairspleet verschijnt. Met het instrument kunnen hoogtehoeken tot op $^1/_{10}$ graad worden afgelezen.

b. den *theodoliet* voor fijnere waarnemingen.

Meten van hoogten.

Physische methoden:

a. *Met behulp van den barometer.*

Daar met toenemende hoogte de luchtdruk afneemt, is met behulp van den barometer het hoogteverschil tusschen twee punten te bepalen.

De ingenieur bezigt voor de opname van hoogten uitsluitend *metaalbarometers of aneroïden*, waarvan de aanwijzingen periodiek met den kwikbarometer vergeleken en gecorrigeerd moeten worden. De gebruikelijke aneroïden hebben een schaal met twee verdeelingen, waarvan de binnenste den luchtdruk in mM aangeeft en de buitenste de overeenkomende hoogte vermeldt. Deze schaal kan vast of draaibaar zijn. In het eerste geval leest men op beide plaatsen, waarvan het hoogteverschil moet bepaald worden, de hoogte bij gemiddelden barometerstand af. Staat de wijzer evenwel bij den aanvang over of onder den gemiddelden stand, b.v. 4 mM, dan moet men aan het verschil 4×11 M toevoegen of daarvan aftrekken, daar tot ongeveer 700 M hoogte met een verschil van 1 mM een hoogte van 11 M correspondeert. Bij grooter hoogte dan 700 M wordt het bij 1 mM barometerdruk correspondeerende hoogte; verschil grooter. Bij de barometers met verstelbare hoogteschaal stelt men bij het uitgangspunt de o van de draaibare hoogteschaal evenzooveel naar rechts of links van den normaalstand als de barometer op dat oogenblik boven of beneden den voor die plaats geldenden gemiddelden stand staat.

De aanwijzing van een aneroïde moet gecorrigeerd worden, en wel is de werkelijke luchtdruk te vinden uit:

$$B = A + a + b\,(760—A) + c.t.$$

waarin a de standcorrectie, welke voor A = 760 mM en een binnentemperatuur van t = 0° C de totale correctie voorstelt,

b (760—A) de verdeelings- of schaalcorrectie, welke het gevolg is van de mechanisch aangebrachte verdeeling, waarbij geen rekening is gehouden met de eigenaardigheden van het instrument, en

ct de temperatuurscorrectie.

Bij barometers met gecompenseerd werk is de temperatuurcoëfficiënt c zeer klein. De coëfficiënt c blijft op de reis tamelijk constant; de veranderingen van b en in het bijzonder van a zijn op reis dikwijls zeer groot en ongelijkmatig. Men neme

daarom minstens 2 liefst 3 niet al te kleine aneroïden mede. De schaalomtrek zal in verband met de te onderzoeken hoogten moeten worden gekozen. Voor nauwkeurige waarnemingen zal de aneroïde ook dagelijks b.v. met een kookpuntbarometer worden vergeleken.

Zijn B_0 en B'_0 de tot nul graden en gelijke zwaartekracht herleide barometerstanden op twee hoogten (onderste en bovenste gelijktijdig waargenomen) dan is het hoogteverschil h in Meter:

$$h = 18\,404\ (1 + 0{,}002\,573 \cos 2\,\varphi) \left(1 + \frac{2\,H}{R}\right) \left(1 + 0{,}377\ \frac{e}{b}\right) (1 + \alpha\ t) \log \frac{B_0}{B'_0}$$

waarin
- φ de gemiddelde geographische breedte der stations,
- H „ „ hoogte boven de zee in Meter,
- R de straal der aarde, (6 370 000 Meter)
- e de gemiddelde spanning van den waterdamp der vrije lucht op de beide stations,
- b de gemiddelde barometerstand, der beide stations nl. $\frac{B_0 + B'_0}{2}$
- t „ „ temperatuur der vrije lucht op beide stations.

Voor $\log (1 + \alpha\ t)$, $\log \left(1 + 0{,}377 \frac{e}{b}\right)$, $\log (1 + 0{,}002\,573 \cos 2\,\varphi$

en $\log \left(1 + \frac{2\,H}{R}\right)$ vindt men tafels.

α de uitzettingscoëfficiënt van de lucht (= 0,003 665).

Voor Nederland met gemiddelde breedte $\varphi = 52°\ 10'$, H = o, e = 10 mM en b = 780 mM, vindt men

$$h = 18\,484\ (1 + \alpha\ t) \log \frac{B_0}{B'_0}$$

b. Met behulp van den kookpuntbarometer of hypsometer.

Bestaande uit blikken, in elkaar schuivende, kokers, waarin water wordt gekookt. De waarneming berust op het verschil van temperatuur, waarop water op onderscheidene hoogten kookt. Neemt men deze temperatuur waar, dan weet men volgens een tabel (Zie Natuurkundige gegevens.) de daarbij behoorende spanning en dus ook de luchtdrukking.

$^1/_{10}$ graad verschil in kooktemperatuur komt met ongeveer 2,7 mM barometerdruk overeen, zoodat om nauwkeurige waarnemingen te hebben, de temperatuur op een $^1/_{100}$ graad nauwkeurig moet worden afgelezen.

Geometrische methoden:

a. Met behulp van hellingmeter of theodoliet en trigonometrisch hoogtemeten.

Het hoogteverschil tusschen twee punten A en B, welke op een horizontalen afstand *a* van elkaar gelegen zijn en waarbij de richting AB een hoek α (elevatiehoek) met den horizon maakt, wordt bepaald door

$$h = a \operatorname{tg} \alpha.$$

Bij groote afstanden moet men rekening houden met de aardkromming en de straalbuiging, waardoor men de punten te hoog ziet. De fout in de hoogte, welke in positieven zin in rekening moet worden gebracht, is ongeveer te stellen op

$$\frac{7}{8}\ \frac{a^2}{2\,r}\ \text{KM of } 0{,}0685\ a^2\ \text{Meter}$$

wanneer *a* in KM en r de aardstraal voorstelt, welke ongeveer gelijk is aan 6370 KM.

Door gelijktijdig waarneming uit beide punten A en B is de invloed der straalbuiging en aardkromming grootendeels op te heffen.

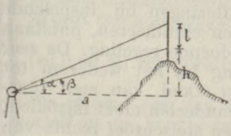


Fig. 27.

b. De hoogte kan ook worden bepaald door op het hoogtepunt een baak op te richten en bij twee verschillende deelstrepen den hellingshoek af te lezen. Is l het hoogteverschil der deelstrepen en zijn α en β de beide elevatiehoeken, dan is de hoogte

$$h = \frac{l \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}$$

en dus de gevraagde hoogte H = h + i—z, waarin

de aflezing van de baak bij de onderste deelstreep en i de hoogte van den kijker boven het observatiepunt (fig. 27).

c. Met behulp van sextant of octant, hoofdzakelijk bij astronomische hoogtebepaling (fig. 28).

d. Met behulp van het waterpasinstrument met kijker voor kleine hoogteverschillen.

Door het richten van den kijker in een waterpas vlak, kan men de hoogte van dit vlak op verschillende punten door middel van in die punten vertikaal opgestelde baken met gelijke schaalverdeeling aflezen en uit het verschil dier aflezingen, het hoogteverschil van die punten direct vinden.

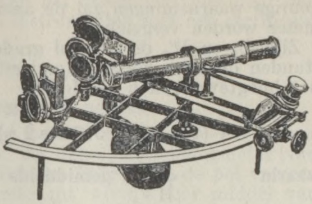


Fig. 28.

Men vindt onder de waterpasinstrumenten hoofdzakelijk de volgende soorten:

Instrumenten met enkelvoudig niveau.

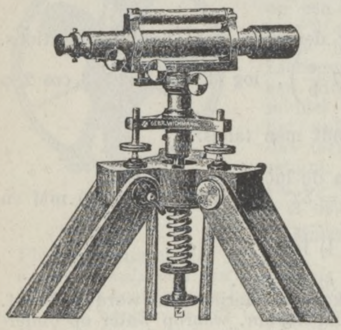


Fig. 29.

a. Instrumenten met vasten kijker (fig. 29).

De vizierlijn van den kijker moet evenwijdig zijn aan de richtlijn van het niveau. Is aan deze voorwaarde niet voldaan, dan kan men alleen zuiver het hoogteverschil tusschen twee punten aflezen, wanneer het instrument *midden* tusschen deze punten is opgesteld. Om de vizierlijn te regelen ga men als volgt te werk: door waterpassing uit het midden wordt het hoogteverschil tusschen twee punten bepaald. Daarna wordt het instrument opgesteld op 1/4 van den afstand tusschen de baken. De kruisdraad wordt nu de helft van het verschil der aflezingen vanuit dit punt, op de naastbijgelegen baak hooger of lager gesteld, naargelang het verschil der aflezingen op de baak grooter of kleiner is dan het hoogteverschil.

b. Instrumenten met lossen kijker (fig. 30).

De kijkers zijn voorzien van vierkante blokken of ronde tappen. Bij de regeling wordt het niveau evenwijdig gesteld aan de draagpunten der blokken of tappen door het omleggen van den kijker. De vizierlijn wordt gecentreerd door draaiing of omlegging om zijn lengteas. Deze gecentreerde vizierlijn zal evenwijdig zijn aan de richtlijn van het niveau, wanneer de blokken of tappen van gelijke hoogte of middellijn zijn. Is dit niet het geval, dan kan deze fout alleen worden geëlimineerd door waterpassing uit het midden.

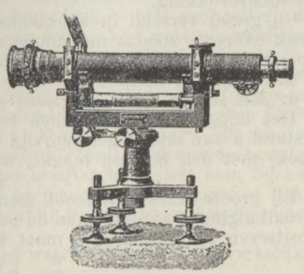


Fig. 30.

c. Instrumenten met reversie-niveau (fig. 30).

Het reversie- of dubbelniveau is aan twee diametraal tegenover elkaar gelegen plaatsen van een verdeeling voorzien, waarvan beide richtlijnen zuiver evenwijdig moeten zijn.

Verbindt men een dergelijk niveau aan een waterpasinstrument met lossen kijker, dan kan men door het gemiddelde te nemen uit twee aflezingen bij inspelende bel met het niveau boven en onder den kijker, alle fouten elimineeren, ontstaan door het al of niet even dik zijn der tappen of door onvoldoende regeling. De zeer geringe verplaatsing van de vizierlijn in vertikale richting bij het wederom tot inspeling brengen van het reversie-niveau in doorgeslagen stand, kan men voorkomen door, wanneer men b.v. in doorgeslagen stand 2 niveaudeelen moet bijstellen, één niveaudeel met een stelschroef links en één deel met een stelschroef rechts van de as gelegen, te corrigeeren.

Het onderzoek van de evenwijdigheid der richtlijnen van het reversie-niveau geschiedt als volgt: Men richt den kijker op een baak, welke op ongeveer 50 Meter afstand vast opgesteld is en leest eenige malen af bij inspelende bel met het niveau onder en boven den kijker. Bij elke waarneming moet men den stand van het niveau ten opzichte van de as der tappen door middel van de correctieschroeven eenigszins veranderen. Van de twee aflezingen neemt men telkens het gemiddelde; de som der gemiddelden wordt door het aantal waarnemingen gedeeld. Wordt vervolgens het niveau in het raam omgekeerd door het losdraaien der schroeven, waarmede het hieraan vastzit, en door het verwisselen der uiteinden, dan worden met dit omgekeerd niveau de waarnemingen herhaald en hieruit weder een gemiddelde berekend. Zijn de uitkomsten aan elkaar gelijk, dan zijn de richtlijnen evenwijdig.

Overbrengen van een peil.

a. Bij kleine afstanden met een *rei of lat en waterpas*, *fleschjeswaterpas*, enz.
b. Bij groote afstanden en nauwkeuriger met het *waterpasinstrument*.

Is de hoogte van een punt A gegeven (fig. 31) en moet de hoogte van het punt N ten opzichte van A worden bepaald, dan kan achtereenvolgens het hoogteverschil

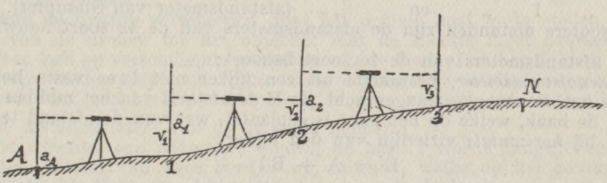


Fig. 31.

worden bepaald van de punten A en 1, van 1 met een volgend punt 2, enz tot het punt N. Men stelt bij het nemen van de slagen A—1, 1—2, enz. het instrument in het midden daarvan op en leest af op de achterbaak a en daarna op de voorbaak v, steeds zorg dragende, dat op elk punt dezelfde baak wordt afgelezen, om de verschillen, welke in de verdeelingen van beide baken mochten voorkomen, op te heffen. Is het niet mogelijk het instrument in het midden op te stellen, dan zal men steeds moeten zorg dragen, dat ten slotte, aan het einde der overbrenging, de som van alle afstanden achter, gelijk is aan de som van alle afstanden vóór het instrument.

Men vindt nu voor de hoogte bij N:

$$H_N = H_A + a_A - v_1 + a_1 - v_2 + a_2 - v_3 + \ldots = H_A + \Sigma a - \Sigma v.$$

Bij een kringwaterpassing, waarbij men in hetzelfde punt terugkomt, is

$N = A$ en moet $\Sigma a - \Sigma v = 0$ of gelijk aan de sluitfout zijn.

Zie voor de nauwkeurigheid van een waterpassing, bldz. 506.

Bepalen van groote afstanden op het veld.

a. Door afpassen.

Gemiddelde grootte van een pas volgens *Jordan:*

Lichaamslengte	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90 Meter.
Paslengte	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84 „

Bij hellend terrein wordt de paslengte kleiner.

b. Door afstandschatten.

Wordt een manslengte L, welke zich op een afstand E bevindt, op een armslengte e (= 0,60 M) ter grootte l gezien, dan is $E = \frac{L e}{l}$ of bij L = 1,667 M: $E = \frac{1}{l}$ M.

De afstand van den horizon is in zeemijlen ongeveer 2,083 maal den vierkantswortel uit de hoogte boven zee. Alzoo:

Hoogte in Meter	Kimafstand zeemijlen	Hoogte in Meter	Kimafstand zeemijlen
1	2	50	15
2	3	100	21
5	5	200	29
10	7	300	36
15	8	400	42
20	9	500	47
30	11	1000	66
40	13	2000	93

c. Met behulp van den afstandsmeter.

Tusschen de hoogte *l*, waarop en den hoek α, waaronder men een voorwerp op een afstand E ziet, bestaat het volgende verband:

$$E = \frac{l}{\alpha''} \rho'' \quad \text{waarin } \rho'' = 206\,265 \text{ de hoek in sec. waaronder}$$

men de hoogte van een lengte-eenheid (1 cM) op dezelfde eenheid van afstand ziet.

De afstandsmeters kunnen worden onderscheiden in twee soorten:

1e. die, waarbij α constant en l veranderlijk (draden- en contact-afstandsmeters)
2e. ,, ,, l ,, en ,, (afstandsmeter van Stampfer).

Voor grootere afstanden zijn de afstandsmeters van de 1e soort nauwkeuriger.

Tot de afstandsmeters van de 1e soort behoort:

De dradenafstandsmeter, bestaande uit een kijker met twee vaste horizontale draden op het diaphragma aangebracht. Is E de afstand van het midden van den kijker tot de baak, welke op het punt is geplaatst, waarvan de afstand te bepalen is, dan is bij *horizontale* vizierlijn van den kijker

$$E = A + B\,l$$

waarin A en B twee constanten van het instrument en wel bij eenvoudige kijkers en bij Huygensche kijkers is (fig. 32) de constante $A = \delta + f$, waarin δ de afstand van het optisch middelpunt van het objectief tot het midden of as v/h instrument en zeer nabij 0,5 f of benaderd $A = 1{,}5$ f.

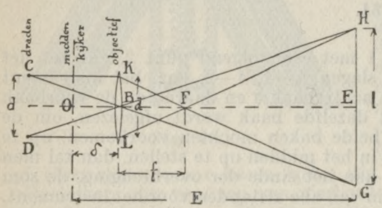


Fig. 32

De constante B bepaalt men op het terrein met behulp van gemeten afstanden uit de formule

$$B = \frac{E - A}{l},$$

Zij is ook te vinden uit de figuur, daar

$$\triangle FGH \infty \triangle FKL$$

alzoo $\overline{FE} : l = f : d$

of $\overline{FE} = \frac{l\,f}{d} = \frac{f}{d} \times l = B \times l$

waaruit volgt $B = \frac{f}{d}$

Is dus de brandpuntsafstand f bekend, dan zijn A en B ook direct te bepalen. De brandpuntsafstand (zie ook bldz. 466) is voldoende nauwkeurig te bepalen door met de objectieflens een scherp zonnebeeld te maken, dit met een papierscherm op te vangen en den afstand daarvan tot de lens te meten.

Bij het *Ramsden*-oculair moet de kijker op oneindigen afstand worden ingesteld, waarbij dan de afstand van het draadnet tot het objectief de grootte van f aangeeft.

Door het aanbrengen van een centraliseerende lens (van *Porro*) kan de afstand A zóó klein gemaakt worden, dat deze te verwaarloozen is.

Men geeft aan de constante B een waarde, welke door een rond getal, veelal 100 wordt uitgedrukt, zoodat

$$E = 100\ l.$$

Is dus *l* de lengte, die tusschen de twee draden op een vertikale baak wordt afgelezen, dan is de afstand van de baak 100 l. Is verder α de elevatiehoek, waaronder

men de baak ziet, dan is de horizontale afstand: E $\cos^2\alpha$ en het hoogteverschil tusschen de hoogte van de draaiingsas van den kijker boven den grond en het punt van aflezing op de baak gelegen midden tusschen de beide draden (en veelal aangegeven door een derden draad): (zie bldz. 479)

$$h = E \cos^2\alpha \cdot tg\alpha = \frac{E}{2} \sin 2\alpha$$

Is geen centraliseerende lens aanwezig, dan is de horizontale afstand feitelijk:

$$E = (A + B\,l \cos\alpha) \cos\alpha$$
$$= A \cos\alpha + B\,l \cos^2\alpha$$

waarin bij $\alpha = 20°$ en $A = 1{,}00$ M de fout nog 0,94 M in afstand of in hoogte $A \cos \alpha\, tg\alpha = A \sin \alpha = 0{,}342$ M kan bedragen.

De zuiverheid van een afstandsmeting is verder hoofdzakelijk afhankelijk van het vermogen van den kijker en de deeling der baken.

Voor eenzelfde instrument groeit de fout evenredig met den afstand aan. Het is voor de nauwkeurigheid gunstig de constante B klein of den gezichtshoek groot te nemen.

Hoe kleiner B hoe langer de baak moet zijn. Voor B = 100 is op 300 M afstand een baaklengte van 3 Meter noodig, voor B = 200 kan daarentegen nog op 600 M lengte worden gemeten.

Men kan de meting verscherpen door het oculair juist in te stellen, daar de afstand van de draden tot het objectief met de theorie moet overeenstemmen. Verder leze men op verschillende gedeelten van de baak af en bepale deze tweemaal. Men bezige verder liefst een kijker met ongeveer 35-voudige vergrooting. Een gemiddelde fout van 5 cM per 100 Meter is dan practisch wel te bereiken.

Tot de afstandsmeters van de 2e soort behoort:

De afstandsmeter van Stampfer, waarbij de basis l wordt aangegeven door den constanten afstand van twee bordjes op de baak, welke op het gevraagde punt wordt opgesteld. Met een micrometerschroef wordt de hoek α gemeten.

In de practijk bezigt men veelal een theodoliet, welke tevens tot afstandsmeten is ingericht (*tacheometer*) (zie bldz. 498).

Groote afstanden zijn eerst later uit berekening van een veelhoeksmeting of triangulatienet te vinden.

Landmeten.

Litteratuur.

Dr. W. Jordan.	Handbuch der Vermessungskunde. Bd. II.
Dr. Ch. M. Schols.	Landmeten en Waterpassen. Bewerkt door F. J. H. M. Thijs.
Ch. L. Durand-Claye, A. Pelletan et Ch. Lallemand.	Lever des plans et nivellement. Encyclopédie des Travaux Publics. Paris.
Schubert.	Landwirtschaftliche Vermessungskunde. Bonn.
Ed. Dolezal.	Die Anwendung der Photographie in der praktischen Meszkunst. Halle.
Eggert.	Einführung in die Geodäsie. Leipzig.
Hoderlein.	Krokieren und Kartenlesen. Würzburg.
Stigand.	Scouting and reconnaissance in savage countries. Londen
Truck.	Die stereophotogrammetrische Meszmethode und ihre Anwendung bei Eisenbahnvorarbeiten. Stuttgart.
M. de Vos.	Leerboek der lagere Geodesie. Groningen.
O. Sarrazin en H. Oberbeck.	Zakboekje voor het uitzetten van bogen.
G. H. A. Kröhnke.	Taschenbuch zum Abstecken von Kurven auf Eisenbahn- und Wegelinien.
Dr. Ch. A. Vogler.	Geodätische Uebungen für Landmesser und Ingenieure 1e deel. Feldübungen. 2e deel. Winterübungen.
M. de Vos.	Het kadaster en de boekhouding op de hypotheken. Groningen.
Curtius Müller.	Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart.
G. W. Kloosterboer.	Coördinatentafel. Sinus- en cosinustafels ter berekening van rechthoekige coördinaten. Æ. E. Kluwer, Deventer, Geb. f 3,—.
Zöwe.	Koordinatentafel zur Berechnung der Koordinatenunterschiede in Polygonzügen. Liebenwerda.
Licka.	Tabelle zur Prüfung der Berechnung der Polygonzüge.

Meten van rechte lijnen.

Gereedschap: 1e. meetlatten (2 en 5 M lengte);

2e. meetketting van 10 en 20 M lengte, bestaande uit geledingen van een halven meter lengte;

3e. stalen meetband van 10 tot 25 mM breed staalband, lang 10 en 20 Meter.

Bij het Pruisische kadaster zijn, onder inachtneming van warmte-uitzetting, de volgende grenzen voor afwijking in lengte voor de verschillende meetinstrumenten voorgeschreven.

meetlatten 5 M lang, 1,6 mM maximum, idem 3 M lang, 1,3 mM maximum.
„ 2 M „ 1,1 mM „
stalen meetbanden 20 M lang, 3,5 mM maximum. idem 10 M lang 2,4 mM maximum.

Meten van den afstand tusschen twee punten A en B, welke door hindernissen van elkaar gescheiden zijn: (fig. 1)

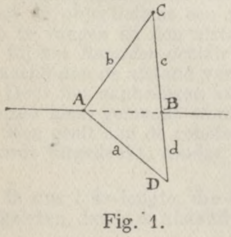


Fig. 1.

Neem C en D willekeurig buiten AB, maar in rechte lijn met punt B. Meet de afstanden a, b, c en d; dan is

$$AB = \sqrt{\frac{a^2c + b^2d}{c + d} - c \cdot d.}$$

Neemt men c = d, dan is

$$AB = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2} - c^2.}$$

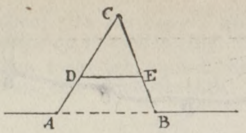


Fig. 2.

Men kan ook AC en BC meten (fig. 2),

$$CD = \frac{1}{n} AC$$

en

$$CE = \frac{1}{n} BC \text{ maken,}$$

dan is AB = n × DE.

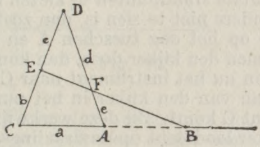


Fig. 3.

Een derde wijze is door C vóór A in de richting AB te nemen (fig. 3) en van hieruit CD willekeurig te richten. Neem E op CD en bepaal snijpunt F van EB en AD. Meet a, b, c, d en e, dan is

$$AB = \frac{a.c.e}{b.d - c.e}$$

Is b = c dan is

$$AB = \frac{a.e}{d - e}$$

Uitzetten van rechte lijnen.

Gereedschap: jalons, équerre, kijker, prismakruis enspiegelcirkel.

1e. *Met jalons.*

a. Kijk van uit O (fig. 4), of C in A B ligt; achter eenvolgens C′, C″ enz.

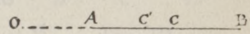


Fig. 4.

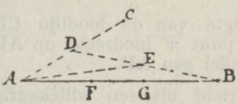


Fig. 5.

b. Standplaats O niet mogelijk. (fig. 5).

Richt D van uit willekeurig punt C in de lijn AC, daarna E in de lijn BD, enz., tot men twee punten F en G krijgt in de lijn AB.

2e. *Met jalons en meetband.*

Tusschen A en B bevinden zich hindernissen (fig. 6).

1*e oplossing.* Zet hulplijn CD uit, laat de loodlijnen AC en BD neer en bepaal haar lengten.

Voor het gezochte tusschenpunt P is dan

$$y = BD + x\left(\frac{AC - BD}{CD}\right).$$

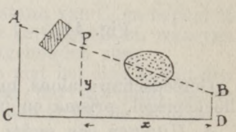


Fig. 6.

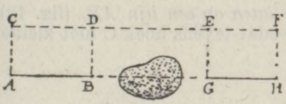


Fig.7.

2*e oplossing:* (fig. 7). Zet uit A en B twee loodlijnen AC en BD van gelijke lengte uit. Verleng CD en zet uit E en F twee gelijke loodlijnen van dezelfde lengte AC = BD uit; GH is dan het verlengde van AB.

3*e oplossing:* (fig. 8). Zet hulplijn AC uit en maak AD = DC. Meet BC en zet

$$BE = \frac{1}{3} BC \text{ uit,}$$

dan is DF = 2 × DE en F in het verlengde van AB.

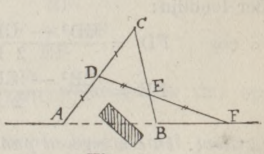


Fig. 8.

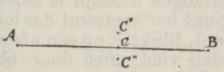


Fig. 9.

3e. *Met prismakruis.*

Standplaats vóór A of achter B niet mogelijk (fig. 9).

Van uit C′ gaat men zoover vóór- of achteruit, dat men A en B in rechte lijn vindt liggen. Twee malen van beide zijden beproefd, doet de juistheid van het prismakruis kennen.

4e. *Met kijker van een theodoliet.*

A en B op grooten afstand gelegen, zoodat zij van uit een punt harer verbindingslijn alleen met een kijker kunnen worden gezien. (fig. 10).

Zet het instrument centrisch boven A op, richt op B, zet de alhydade vast, zoodat de kijker zich alleen in een vertikaal vlak beweegt. Verzet de jalons C en D zoodanig, dat hun voetpunt in het midden der draden van den kijker valt. Men gaat volgens een vast systeem te werk, waarbij ieder standpunt van C of D in het midden van de laatste standpunten te kiezen is.

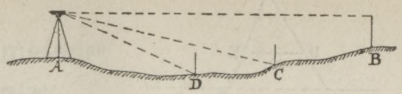


Fig. 10.

Liggen A en B zoo, dat van uit het eene punt het andere niet te zien is, dan zoekt men een plaats C′ tusschen beide in. Acht men deze op het oog tusschen A en B in de richting AB gelegen, dan richt men op A. Slaat men den kijker door, dan komt men in het algemeen niet in B, maar in B′. Verzet men nu het instrument naar C″, dan komt men na op A gericht te hebben na doorslaan van den kijker in het punt B″. Men tast zoo door, tot men op het goede standpunt C komt. Bij deze werkwijze moet men overtuigd zijn, dat de vizierlijn van den kijker loodrecht op de draaiingsas staat. Dit is na te gaan door in het punt C, dat gevonden is, den rand 180° te verplaatsen en den kijker om te slaan, waardoor deze weder op B moet zijn gericht. Is dit niet zoo, dan vindt men een tweede punt C en ligt het juiste punt midden tusschen de beide gevonden punten C in.

Uitzetten van evenwijdige lijnen.

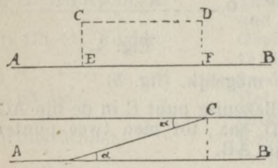


Fig. 11.

Door een gegeven punt een parallel aan een gegeven lijn uit te zetten.

1*e oplossing:* De lengte van de loodlijn CE (fig. 11) wordt in het punt F loodrecht op AB uitgezet. CD is dan parallel aan AB.

2*e oplossing:* Men richt uit een willekeurig punt D der lijn AB naar het punt C onder een hoek α met A B, daarna van uit C onder denzelfden hoek met CD.

Uitzetten van hoeken.

Gereedschap: jalons, meetband of ketting, équerre voor rechte of andere hoeken; hoekspiegel, prisma en prismakruis met hoeken van 45° en 90°.

a. Uitzetten van rechte hoeken.

1. Met meetband of ketting.

Geval: Uit een gegeven punt C een loodlijn neer te laten op een lijn AB. (fig. 12). Verbindt C met twee punten D en E der lijn AB, zoodat tevens hoek C niet kleiner dan een rechte is, en meet de afstanden CD en CE. Men vindt dan door berekening voor de afstanden FD en FE van het voetpunt der loodlijn:

$$FD = \frac{CD^2 - CE^2 + DE^2}{2\ DE}$$

$$FE = \frac{CE^2 - CD^2 + DE^2}{2\ DE},$$

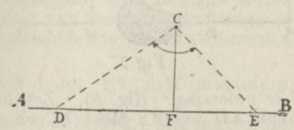


Fig. 12.

Geval: In een gegeven punt C van de lijn A B een loodlijn op te richten. (fig. 13).

Men bepaalt een punt P, dat naar schatting in de verlangde loodlijn is gelegen en zoekt voor dit punt het voetpunt der loodlijnen F (zie hierboven). Blijkt F op een afstand p van C te liggen, dan vindt men door berekening de afstanden PH en PG, want

$$PG = \frac{PD}{DF} \times p \text{ en } PH = \frac{PE}{EF} \times p.$$

De punten G, H en C moeten nu ook in een rechte lijn liggen.

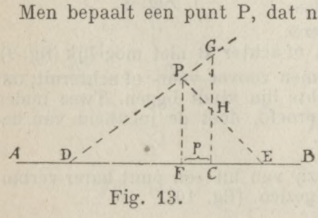


Fig. 13.

Geval: In een gegeven lijn AB, waarvan B niet kan worden verlengd, in B een loodlijn op te richten. (fig. 14).

Men zoekt een punt C, dat ongeveer in de gevraagde loodlijn ligt.

Van den driehoek ABC worden de zijden gemeten en de stukken AD en BD berekend, waarin het voetpunt D der loodlijn uit C de lijn AB verdeelt.

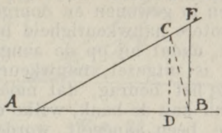


Fig. 14.

Het punt E van de loodlijn BE vindt men nu door den afstand CE uit te zetten, waarvan de grootte is:

$$CE = BD \times \frac{AC}{AD}.$$

Eenvoudige uitzetting van rechte hoeken voor kleine afstanden, enkel met den meetband of met den meetketting:

1e *oplossing:* In C van de lijn AB een rechten hoek of een loodlijn uit te zetten. (fig. 15).

Meet CD = CE ter weerszijden uit. Bevestig in D en E den ketting; is F het midden van den ketting, dan is CF loodrecht op AB.

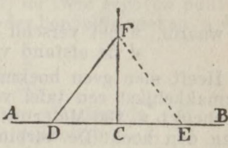


Fig. 15

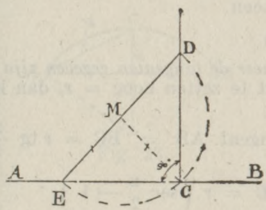


Fig. 16.

2e *oplossing:*

Maak CD = 3 Meter, houd de einden van de lengte van 9 Meter in C en D vast en ga met de lengte van 4 Meter naar F, dan is CF loodrecht op AB want $3^2 + 4^2 = 5^2$.

3e *oplossing:* (fig. 16).

Neem E op ± 10 M afstand van C, en bepaal M door het spannen van de kettinghelften, waarvan de einden in E en C vastgehouden zijn.

Beweegt men zich dan met het eind C van den ketting naar D, zoodanig, dat dit punt in de richting EM gelegen is, dan is DC de loodlijn in C op AB.

Is punt C op de rechte lijn AB ontoegankelijk, (fig. 17), dan kan men de loodlijn AE oprichten.

In de lijn EC is dan een punt F op te zoeken, dat behoort tot de loodlijn AF op EC.

De lengte FD is dan

$$FD = \frac{AF \times CF}{EF}$$

en daar $CF = \frac{AF \times AF}{EF}$, zoo is

$$FD = \frac{AF^3}{AF^2},$$ welke lengte dus op AF is uit te zetten.

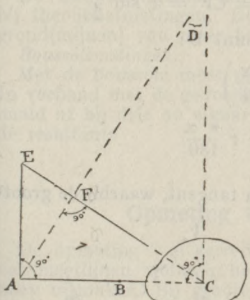


Fig. 17.

2. Uitzetten van rechte hoeken met prisma, enz. voor loodlijnen niet langer dan 50 Meter (fig. 12).

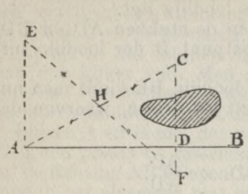
Men gaat met het prisma tusschen A en B staan en tracht het punt F te vinden, waarop men de punten A en C en B en C onder 90° ziet.

Bevindt zich een belemmering tusschen C en het voetpunt der loodlijn, dan gaat men als volgt te werk: (fig. 18).

Richt in A een loodlijn AE op en halveer den afstand AC in H. Leg door een willekeurig punt E der loodlijn AE de lijn EHF en maak HF = EH, dan is F een punt van de loodlijn van C op AB. Het snijpunt van CF met AB geeft het voetpunt D.

b. Uitzetten van willekeurige hoeken.

Voor het uitzetten van willekeurige hoeken gebruikt men een hoekmeetinstrument en wel het nauwkeurigst een theodoliet met doorslaanden kijker. Men neemt in het laatste geval het gemiddelde der bepalingen in gewonen en doorgeslagen stand. Wil men grootere nauwkeurigheid bereiken, dan wordt de hoek, nadat hij op de aangegeven wijze op het terrein is uitgezet, nauwkeurig gemeten en vergeleken met het bedrag, dat moest worden uitgezet. Bij verschil kan de baak, welke de richting van het uitgezette been aangeeft, worden verplaatst over een afstand



ig. 18.

$$\frac{a \times d}{2063} \text{ centimeter,}$$

waarin a het verschil der bepaalde hoeken in secunden
d de afstand van de baak tot het hoekpunt in meters.

Heeft men geen hoekmeetinstrumenten ter beschikking, dan gebruikt men het gemakkelijkst een tafel van tangenten. Men meet op het eene been een lengte-eenheid b.v. 100 Meter uit en zet in dit punt een loodlijn uit gelijk aan den tangens van den hoek. De verbindingslijn van dit laatste punt met het hoekpunt geeft het andere been van den hoek.

Bij hoeken grooter dan 45° zal men moeten overgaan tot het uitzetten van een aantal malen (b.v. 100) van den cosinus van den hoek op het eene been en een gelijk aantal malen van den sinus loodrecht op dit been.

Uitzetten van bogen. *)

Het uitzetten van de hoofdpunten voor een boog, wanneer de tangenten gegeven zijn:

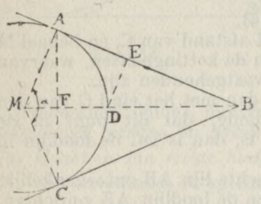


Fig. 19.

Is de straal van den uit te zetten boog = r, dan is (fig. 19):

de lengte van den tangent $AB = BC = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$

de topafstand $BD = r \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$

de abscis van het toppunt D:

$$AE = AF = CF = r \sin \frac{\alpha}{2}$$

de ordinaat van het toppunt D:

$$DE = DF = r \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

de lengte van den boog $ADC = r \frac{\pi \alpha}{180}$

Het uitzetten van enkele punten van den boog:

1. De eenvoudigste wijze is het uitzetten van uit den tangent, waarbij de grootte van de ordinaten wordt gevonden uit (fig. 20):

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2}$$

of bij benadering $y = \frac{x^2}{2r}$.

Van uit de koorde CD gemeten is de ordinaat:

$$z = h - y$$

of benaderd $z = h - \frac{x^2}{2r}$.

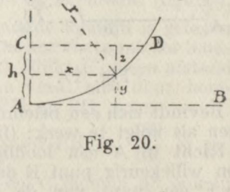


Fig. 20.

---

*) Zie de litteratuuropgave.

2. Uitzetting door hoeken:

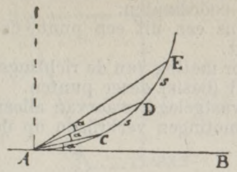


Fig. 21.

Met het instrument in het raakpunt A (fig. 21) worden gelijke hoeken α uitgezet, welke overeenkomen met een bepaalde booglengte s (meestal gelijk aan een kettinglengte of 20 M).

Hoek α is te bepalen uit:

$$\sin \alpha = \frac{s}{2r}$$

Ook kan men voor α een rond getal nemen b.v.: 1° en is dan $s = 2r \sin \alpha$.

Het uitzetten van een cirkelboog met gegeven straal tusschen twee gegeven punten:

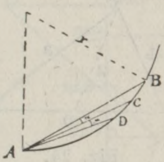


Fig. 22.

1. Zijn A en B (fig. 22) de twee gegeven punten, dan richt men van uit A weder bepaalde hoeken, welke te bepalen zijn uit:

$$\sin \alpha = \frac{s}{2r}$$

2. Bij benadering kan op de koorde AB = k (fig. 23) worden uitgezet de pijlhoogte:

$$h = \frac{k^2}{8\,r}$$

en op de koorde AC de pijlhoogte:

$$h' = \frac{AC^2}{8\,r} \text{ of benaderd}$$

$$h' = \frac{\left(\frac{1}{2}\,k\right)^2}{8\,r} = \frac{1}{4}\,h$$

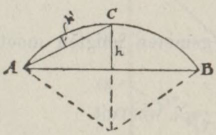


Fig. 23.

en zoo voort.

Nauwkeurige hoekmetingen.

Voor *nauwkeuriger uitzettingen van hoeken en hoekmetingen* make men gebruik van een boussole of van een theodoliet.

De nauwkeurigheid van boussolemetingen is ongeveer tien maal zoo gering als bij theodolietmetingen. De boussole-instrumenten zijn voor metingen onder den grond(mijnen) van meer belang.

Boussolemetingen.

Met de boussole meet men de magnetische azimuthen van richtingen of lijnen. In verband met de gevoeligheid van de naald, leest men meestal de schommelende naald af bij drie op elkaar volgende uitslagen en neemt men van deze aflezingen de resultante

$$\frac{a_1 + 2\,a_2 + a_3}{4}$$

Opmeting van terreinen van kleinen omvang.

De opmeting van terreinen van kleinen omvang geschiedt door het uitzetten van meetlijnen, welke in het eenvoudigste geval de zijden van een driehoek of vierhoek uitmaken. Bij grooteren omvang wordt op het terrein een aaneengesloten driehoeksnet vastgelegd, terwijl bij bedekt en langgerekt terrein van een veelhoek wordt gebruik gemaakt. Bij groote veelhoeksmetingen en driehoeksnetten zal men zuivere hoekmeetinstrumenten moeten bezigen (Zie bij nauwkeurige methoden.), bij kleinere veelhoeksmeting kan men van een boussole gebruik maken. In het laatste geval kieze men zoo mogelijk een groot aantal korte zijden.

Zijn de hoekpunten dezer driehoeken of veelhoeken in hun ligging bepaald, dan kan het vastleggen van andere punten van het terrein aan de meetlijnen geschieden volgens de volgende methoden:

1. *De coördinatenmethode*, tevens de gemakkelijkste methode om het oppervlak

van het terrein te bepalen. Hierbij neemt men de meetlijn als één der assen van een assenstelsel aan en meet ten opzichte daarvan de coördinaten.

2. *De voerstraalmethode*, waarbij men het punt volgens een uit een punt der meetlijn gerichten hoek en den gemeten afstand vastlegt.

3. *De basismethode*, waarbij het punt wordt bepaald door meting van de richtingshoeken uit twee punten van de meetlijn en den afstand (basis) dezer punten.

Heeft men het terrein met driehoeken of veelhoeken vastgelegd, waarvan alleen de zijden gemeten zijn, dan kan men contrôle op deze metingen verkrijgen op de volgende wijzen:

Contrôle op de lengtemetingen.

Contrôle op de lengtemeting van de zijden van een driehoek door meting der zwaartelijnen: (fig. 24).

Is d de lengte van de zwaartelijn uit C getrokken (AD = DB), dan heeft men de voorwaarde:

$$d^2 = \tfrac{1}{2} a^2 + \tfrac{1}{2} b^2 - \tfrac{1}{4} c^2$$

of

$$2 d^2 + \tfrac{1}{2} c^2 = a^2 + b^2 \ldots (1)$$

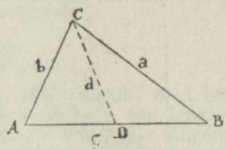


Fig. 24.

1e *Methode:* Directe bepaling der lengtecorrecties: Verdeel het verschil tusschen de beide sommen $2 d^2 + \frac{1}{2} c^2$ en $a^2 + b^2$ gelijk over beide en verder in evenredigheid van de getallen, waaruit elke som is samengesteld. Voor den wortel b.v. uit $d_1^2 = d^2 +$ correctie, stelt men benaderd

$$d_1 = d + \frac{\text{correctie}}{2\,d}$$

2e *Methode:* Bepaling van den factor, waarmede de gemeten lengten moeten worden vermenigvuldigd om de verschillen op te heffen.

Noem dezen factor 1 + v, dan zal

$$(2 d^2 + \tfrac{1}{2} c^2)(1 + v)^2 = (a^2 + b^2)\frac{1}{(1 + v)^2}, \text{ waaruit}$$

$$1 + v = \sqrt[4]{\frac{a^2 + b^2}{2 d^2 + \frac{1}{2} c^2}} \text{ of benaderd}$$

$$= 1 + \frac{(a^2 + b^2) - (2 d^2 + \frac{1}{2} c^2)}{4 (2 d^2 + \frac{1}{2} c^2)}$$

en

$$\frac{1}{1 + v} = \sqrt[4]{\frac{2 d^2 + \frac{1}{2} c^2}{a^2 + b^2}} \text{ of benaderd}$$

$$= 1 - \frac{(a^2 + b^2) - (2 d^2 + \frac{1}{2} c^2)}{4 (2 d^2 + \frac{1}{2} c^2)}$$

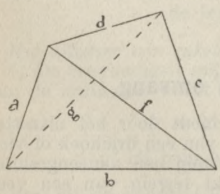


Fig. 25.

Contrôle op de lengtemeting van de zijden van een vierhoek en een zijner diagonalen door meting van de andere diagonaal (fig. 25).

Is g de lengte van de tweede diagonaal, dan stelt men:

$$(a^2 - b^2 + c^2 - d^2)(a^2 c^2 - b^2 d^2) = A \ldots\ldots (1)$$
$$(a^2 - d^2)(b^2 - c^2) f^2 + (a^2 - b^2)(d^2 - c^2) g^2 = B \; (2)$$
$$(a^2 + b^2 + c^2 + d^2) f^2 g^2 = C \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$
$$f^2 g^2 (f^2 + g^2) = D \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Nu moet

$$A + B - C + D = 0 \ldots . (5)$$

Is deze waarde niet gelijk nul, maar gelijk aan V, dan is de vergelijking nul te maken door alle zijden met een gelijken factor te vermenigvuldigen en de diagonalen daardoor te deelen. Is deze factor (1 + v), dan vindt men voor

$$v = -\frac{V}{6 A + 2 B + 2 C - 6 D}$$

en wanneer C vervangen wordt door de waarde uit (5) af te leiden:

$$v = -\frac{V}{4\,(2\,A + B - D)} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Détailmeting.

Détails van den vorm van een terrein worden opgemeten door lengtemeting langs, en loodrecht op meetlijnen, welke het terrein omsluiten en op die, welke aan deze laatste zijn verbonden.

De nauwkeurigheid der opname staat in verband met de schaal van de te maken kaart. Wordt deze schaal b.v. 1 op 1000, dan kunnen bijzonderheden kleiner dan 1 dM worden weggelaten. Bij de opmeting moeten de afstanden volgens een vast stelsel worden opgeteekend (fig. 26).

Het beginpunt (A) wordt aangeduid door ⁊ en het eindpunt door dubbel te onderstrepen.

De loodlijnen worden aangeduid door een kwartcirkelboog en rechte lijnen, welke de meetlijnen snijden, door een halven cirkel.

De afstanden, op de meetlijn gemeten, worden geschreven haaks naast de meetlijn; de afstanden der loodlijnen bij de toppunten in de richting van de meetlijn.

Moet de afstand van een punt ten opzichte van de meetlijn nauwkeuriger worden vastgesteld, dan wordt de afstand van dit punt tot een ander punt van de meetlijn nog eens gemeten (zie punt 18,1). Deze afstand wordt tusschen streepjes gezet.

Gaat van een punt van de meetlijn (b.v. 90,4) een andere meetlijn uit, dan wordt dit getal onderstreept.

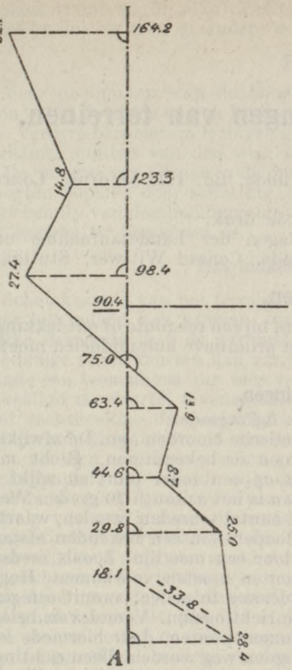


Fig. 26.

Het opnemen en in kaart brengen van terreinen.

Litteratuur.

Dr. W. Jordan. Handbuch der Vermessungskunde. Bd. III, 5e druk, Conrad Wittwer, Stuttgart.
Idem. Hilfstafeln für Tachymetrie, 5e druk.
Dr. J. Frischauf. Die mathematischen Grundlagen der Landesaufnahme und Kartographie des Erdsphäroids. Conrad Wittwer, Stuttgart.

Primitieve methoden.

Waar het gaat om de globale kennis van een terrein bij een reisroute of ontdekkingstocht door onbekende streken, zal men dikwijls van primitieve hulpmiddelen moeten gebruik maken.

Weg- en richtingsmetingen.

1. *Opname met kompas of boussole, voorzien van hellingmeter.*

Zooals bekend, geeft de magneetnaald het magnetische Noorden aan. De afwijking van de meridiaanrichting of de declinatie neemt men als bekend aan. Richt men met de lijn zuidpunt-noordpunt van het kompas op een zeker punt en wijkt de naald daarvan b.v. 20 graden naar het oosten af, dan is het azimuth 20 graden West. De afstand tot het gerichte punt kan men door het aantal schreden bepalen, waartoe men eerst de lengte van een schrede door het afloopen van een bekenden afstand (zie ook bldz. 481) moet hebben bepaald; beter door een meetlijn. Zooals reeds is opgemerkt, zal men vooral in hellingen groote fouten moeten voorkomen. Het is daarom goed, nu en dan verschillende punten onderweg te peilen, vanuit een paar niet te dicht op elkaar gelegen standpunten in de richtingslijn. Vooral van belang zijn de peilingen van reeds gepasseerde en opgenomen punten, daar hiermede kan worden gecorrigeerd. Bij de opname van een afgelegden weg worden alleen richtingsmetingen gedaan, wanneer de wegrichting merkbaar verandert; kleine dikwijls voorkomende wegkrommingen behoeven niet genoteerd te worden en het is voldoende om van meerdere minuten gaans de hoofdrichting van den weg te peilen, waartoe de aan de karavaan vooroploopende gidsen of dragers als richtpunt kunnen dienen. Ook kan men, wanneer men zich in de Oost- of Westrichting beweegt, naar den stand van de zon kijken om de verandering van het azimuth te schatten; daarbij is in aanmerking te nemen, dat de zonnemiddellijn ongeveer ½ graad bedraagt.

De breedte van rivieren kan men met den hellingmeter bepalen; staat men namelijk aan den eenen waterkant en richt men op den anderen waterkant, dan is, wanneer de oogshoogte h meter bedraagt de breedte van den waterspiegel

$$b = h \cot\alpha = \pm \frac{h \times 57{,}3}{\alpha^\circ}$$

waarin α de waargenomen hellingshoek in graden.

Waar men doorgaande metingen beoogt en ook in gevallen, waarbij de geaccidenteerdheid van het terrein onnauwkeurige lengtemetingen geeft, doet men beter gebruik te maken van

2. *een uurwerk met kompas of boussole.*

De per tijdseenheid afgelegde afstand is bij gelijke omstandigheden vrijwel constant en kan ook door meting worden nagegaan door op bepaalden afstand merkteekens te plaatsen en den doorloopen tijd af te lezen. Bij niet te zware dagmarschen zal de snelheid ook aan het einde van den marsch niet veel veranderd zijn. Wel zal ook hier rekening gehouden moeten worden met de hellingen. Volgens waarnemingen met draagkaravanen moeten volgens R. Hugershoff in dit geval de marschtijden als volgt worden gereduceerd:

Terreinshelling in graden.	5	10	15	20	25	30
Verkorting van den tijd in %	—	—	—	—	—	—
opwaarts	9	20	27	35	42	50
afwaarts	4	6	9	13	22	35

Men neemt nu bij elke richtingsverandering den tijd op, evenzoo bij elke rustpoos en bij rivieren of andere overgangen.

Hoogtemetingen.

Voor de opname van de hoogten, waarop men zich onderweg bevindt, neemt men vóór de afreis en ook bij aankomst de luchtemperatuur en den barometerstand op. Verdere barometeraflezingen geschieden met gelijktijdige uuraflezingen op karakteristieke punten van den weg, b.v. in dalen en op bergruggen.

De hoogte van punten in de omgeving kan men ten opzichte van de waargenomen hoogten bepalen door schatting, van reeds gepeilde punten kan de hoogtebepaling met behulp van den hellingmeter geschieden, daar uit den hoogtehoek en den afstand de hoogte te berekenen is.

Het maken van schetsen en kaarten.

Schetskaarten van het terrein, welke ter plaatse worden geteekend, hebben waarde voor het maken van kaarten, wanneer zij berusten op een aantal lijnen en maten, welke desnoods met de geringste hulpmiddelen zijn verkregen. Het maken van zoodanige schetskaarten kan geschieden met behulp van een meetbord of planchet, zijnde een teekenbord van ongeveer 30 à 40 cM in het vierkant, dat op een statief bevestigd is, waarbij tevens gebruikt wordt een ongeveer 30 à 40 cM lange liniaal met rechthoekige driehoekszijden van 3 cM breedte, waarvan de eene een millimeterverdeeling heeft, en verder het benoodigde teekenmateriaal, tevens eenige fijne naalden, voorzien van een gelakten kop. Op het bord spant men glad en sterk teekenpapier, dat aan de zijkanten van het bord met punaises wordt bevestigd. Het bord wordt goed waterpas op de standplaats van opname opgesteld en met behulp van een kompas of boussole met een der zijkanten in de richting van den magnetischen meridiaan gesteld. De ligging van de standplaats kan op de teekening naar willekeur door een naald worden vastgesteld en krijgt tevens het volgnummer bijgeschreven. De richting van een punt in de omgeving wordt nu verkregen door de liniaal met een der rechthoekszijden langs de naald zoover daarom te draaien, tot het punt samenvalt met het vlak van deze rechthoekszijde, waarna deze richting met een potlood op de teekening wordt getrokken. Zijn op deze wijze alle op te nemen punten geteekend, waarbij men in verband met de afstanden de schaal der teekening tusschen de 1 :1000 tot 1 : 10 000 kiest, dan wordt de richting van den eerstgetrokken straal nog eens gecontroleerd, waarna de noordlijn aan den kant der teekening wordt getrokken. Men gaat vervolgens naar een ander standpunt, waarvan de afstand tot het eerste gemeten wordt, b.v. door afpassen en stelt aldaar het bord zoo nauwkeurig mogelijk met het midden boven het standpunt op. Na waterpasstelling en na de noordlijn volgens het kompas te hebben ingesteld, wordt van uit het punt I, dat de eerste standplaats aangeeft op den richtingsstraal I—II de gemeten afstand uitgezet en het alzoo gevonden punt II met een naald gefixeerd. Worden alle op de eerste standplaats genomen richtingen weder aangepeild, dan geven de snijpunten dezer beide stralenbundels de projecties der aangepeilde punten. Zijn de gewichtigste punten uit de omgeving hierdoor nog onvoldoende bepaald, dan gaat men naar een derde standpunt. Bevat het gebied geen overzichtelijke standpunten, zooals bij de ligging van een dorp in de vlakte, dan moet men het met een vluchtig uitgezet polygoon omgrenzen, waarvan de zijden door afpassen worden gemeten en de hoeken grafisch met het bord worden opgeteekend. Daarbij worden dan de verschillende punten door middel van met loodlijnen gevonden ordinaten en abscissen, peilingen,enz. bepaald.

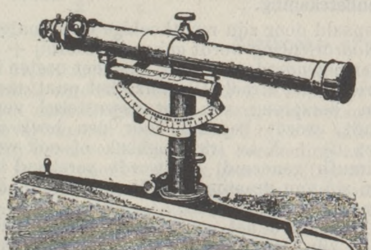


Fig. 1.

Het spreekt vanzelf, dat de opname vereenvoudigd wordt, wanneer men over een afstandsmeter kan beschikken; in dit geval kan men veelal met opname uit één standpunt volstaan. Een zoodanige inrichting heeft men in de *vizierliniaal* of

kipregel (fig. 1), bestaande uit een aan de liniaal in een vertikaal vlak draaibaar bevestigden kijker, welke tevens tot afstandsmeter is ingericht.

Om de plooien van het terrein weer te geven, zal men de kaart moeten voorzien van hoogtelijnen, welke de punten van gelijke hoogte verbinden, terwijl ook de ruggen en voetlijnen van hellingen worden opgeteekend. Enkele punten van gelijke hoogte kan men reeds opteekenen door langs het vlak van het bord te richten. Andere hoogtelijnen zijn te vormen door het bord over zekere voldoende hoogte te verplaatsen. Dat de uit de verschillende standpunten verkregen hoogtelijnen niet in elkaar overgaan, hindert niet aan het beeld van het terrein. Voor een juiste en vlugge weergave van de hoogtelijnen zal men eenige kennis van terreinsvormen moeten bezitten. Om echter samenhangende lijnen van overeenkomende hoogte te construeeren moet men van de verschillende standpunten uit voor enkele punten der omgeving den hellingshoek α bepalen; het hoogteverschil dezer punten met dat van de standplaats wordt met den op de kaart gegeven afstand a gevonden uit

$$a \cdot \text{tg}\, \alpha.$$

Is men niet in het bezit van een rekenliniaal of tabel, dan kan de hoogte h uit het hoofd berekend worden uit

$$\frac{a}{10} \times \frac{2\alpha}{10} \text{ (waarin a in Meter en } \alpha \text{ in graden)},$$

waarvan evenwel voor elken afstand van 100 meter het hieronder volgend bedrag voor verschillende elevatiehoeken af te trekken is, nl.:

voor $\alpha =$	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	graden.
	0,3	0,5	1,1	1,0	1,3	2,4	3,2	3,6	3,4	2,3	0	meter.

Is b.v. $\alpha = 10$ graden, a = 400 meter, dan is h = 40 × 2—4 × 2,4 = 80—9,6 = 70,4 Meter.

Nauwkeurige methoden.

Voor meer nauwkeurige opnamen zal men gebruik moeten maken van nauwkeuriger instrumenten en bezigt men behalve een barometer, thermometer en uurwerk (chronometer), een theodoliet, al of niet van inrichting tot afstandsmeten voorzien.

De terreinopname geschiedt hierbij trigonometrisch, d. w. z. de afstanden en hoogten worden hierbij uit gemeten lengten en hoeken bepaald. Bij minder nauwkeurige vluchtige opnamen van terreinen over kleine afstanden of breedten (strooken) kunnen de afstanden en dikwijls ook de hoogten direct worden afgelezen (tachymetrie).

Door middel van de gemeten lengten en hoeken wordt het terrein door een net van veelhoeken of driehoeken vastgelegd.

Dit driehoeks- of veelhoeksnet wordt eerst vereffend om het zooveel mogelijk van de fouten van waarneming te ontdoen. Daarbij kan doelmatig van aansluiting op bekende punten worden gebruik gemaakt. Met behulp van de gecorrigeerde lengten en hoeken worden daarna de coördinaten der driehoekspunten en aansluitende punten berekend.

De coördinatenberekening.

De ligging van een punt P (fig. 24) is bepaald door zijn rechthoekige coördinaten x en y, waarbij de X-as als hoofdas in de Noordrichting wordt gekozen, waarbij + x naar het noorden en + y naar het oosten is gericht. De straal OP, welke het punt met den oorsprong van het assenstelsel verbindt, wordt bepaald door den hoek α_0 met de + X-as (richtinghoek of ook wel azimuth genoemd) en wordt gerekend in den zin van draaiing van de positieve X-as naar de positieve Y-as.

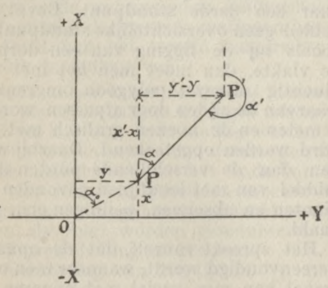


Fig. 2.

Is behalve het punt P ook het punt P' door zijn coördinaten (x' y') gegeven, dan heeft de lijn PP' den richtingshoek α ook wel geschreven

$$(PP') = \alpha$$

en de lijn P'P den richtingshoek α'

of $$(P'P) = \alpha'$$

en is $$(P'P) = (P\,P') \pm 180°$$

waarbij in het oog te houden is, dat de volgende richtingshoeken gelijk zijn nl:

$$+\ 180° = -\ 180°$$
$$+\ 360° = 0$$
$$-\ 360° = 0$$

zoodat elke negatieve richtingshoek te vervangen is door een positieven nl.:

$$-\ 30° = -\ 30° + 360° = +\ 330°, \text{ enz.}$$

De afstand der beide punten P en P′, veelal s genoemd, wordt bepaald door de vergelijkingen

$$\left.\begin{array}{l} y'-y = s \sin\alpha \quad \text{of ook } y-x' = s \sin\alpha' \\ x'-x = s\cos\alpha \quad ,, \quad ,, \quad x-x' = s\cos\alpha' \end{array}\right\} \quad (1)$$

Met deze voor alle gevallen geldende hoofdvergelijkingen kan men dus de gevraagde grootheden berekenen. De afstand s wordt steeds positief genomen, terwijl sin. en cos. hun teeken verkrijgen en gebruik gemaakt wordt van den regel, dat in het

IIde	IIIde	IVde kwadrant
$\sin\alpha = +\cos(\alpha - 90°)$	$\sin\alpha = -\sin(\alpha - 180°)$	$\sin\alpha = -\cos(\alpha - 270°)$
$\cos\alpha = -\sin(\alpha - 90°)$	$\cos\alpha = -\cos(\alpha - 180°)$	$\cos\alpha = +\sin(\alpha - 270°)$

Zijn de coördinaten van één punt (b.v. P) bekend en tevens het azimuth α en de afstand s van een tweede punt P′, dan zijn de coördinaten van dit laatste punt dus bepaald, b.v.:

de coördinaten van P zijn: $y = -\ 103{,}75$ M
$x = +\ 85{,}46$ M
afstand $s = 63$ M
azimuth $\alpha = 145°23'40''$ alzoo sin + cos —

dan is dus

$$\begin{array}{rl} \log s &= 1{,}799\,34 \\ \log \sin\alpha &= 9{,}754\,29 \\ \hline \log s \sin\alpha &= 1{,}553\,73 \\ s\sin\alpha &= +\ 35{,}79 \end{array} \qquad \begin{array}{rl} \log s &= 1{,}799\,34 \\ \log\cos\alpha &= 9{,}915\,44 \text{ (neg)} \\ \hline \log s\cos\alpha &= 1{,}714\,78 \\ s\cos\alpha &= -\ 51{,}85 \end{array}$$

$$\text{waarbij} \quad \begin{array}{rl} y &= -\ 103{,}75 \\ \hline y' &= -\ 67{,}96 \end{array} \qquad \text{waarbij} \quad \begin{array}{rl} x &= +\ 85{,}46 \\ \hline x' &= +\ 33{,}61 \end{array}$$

De berekening kan behalve met behulp van logarithmen ook met gebruikmaking van coördinatentafels geschieden. *)

Uit de vergelijkingen (1) leidt men omgekeerd af:

$$s = \frac{y'-y}{\sin\alpha} \text{ of } s = \frac{x'-x}{\cos\alpha} \text{ en } \operatorname{tg}\alpha = \frac{y'-y}{x'-x} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

waarbij α ligt in het	Iste	IIde	IIIde	IVde	kwadrant, wanneer
het teeken van de breuk $\frac{y'-y}{x'-x}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{+}$	is.

Veelhoeks- of polygoonmeting.

Heeft men een gestrekt terrein op te meten of een ander terrein, waarvan alleen enkele strooken, den omtrek of bepaalde richtingen moeten worden opgenomen, dan kan men doelmatig van een veelhoeksmeting gebruik maken en wel in het eerste geval van een open veelhoek en in de andere gevallen door middel van aaneensluiting van open veelhoeken. De berekening en vereffening kan dan als volgt geschieden.

Is een open veelhoek gemeten (fig. 3) met de lengten s en de brekingshoeken β (van links naar rechts gerekend) in de standplaatsen 0, 1, 2, 3 . . . . n, dan is, wanneer men den richtingshoek van 0 naar 1 gelijk (0—1), van 1 naar 2 gelijk (1—2) enz. noemt

$$\beta_1 = (1-2) - (1-0)$$

of daar $\quad (1-0) = (0-1) \pm 180°$

is ook $\quad \beta_1 = (1-2) - (0-1) \mp 180°$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{of} & (1-2) = (0-1) + \beta_1 \pm 180° \\ \text{en ook} & (2-3) = (1-2) + \beta_2 \pm 180°, \text{ enz.} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

---

*) Zie de litteratuuropgave.

Noemt men de richtingshoeken (0—1), (1—2), enz. verkort α_0, α_1 enz. en zijn de coördinaten der punten 0, 1, 2, enz. $(x_0\ y_0)$, $(x_1\ y_1)$, $(x_2\ y_2)$, enz. dan is

$$\mathrm{tg}\ (0—1) = \mathrm{tg}\ \alpha_0 = \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

en

$$\left.\begin{array}{ll} y_1 = y_0 + s_0 \sin \alpha_0 & x_1 = x_0 + s_0 \cos \alpha_0 \\ y_2 = y_1 + s_1 \sin \alpha_1 & x_2 = x_1 + s_1 \cos \alpha_1 \\ \text{— — — — — — —} & \text{— — — — — — —} \\ y_n = y_{n-1} + s_{n-1} \sin \alpha_{n-1} & x_n = x_{n-1} + s_{n-1} \cos \alpha_{n-1} \end{array}\right\} \quad \ldots (3)$$

of opgeteld

$$y_n = y_0 + [s \sin \alpha] \qquad x_n = xo + [s \cos \alpha]$$

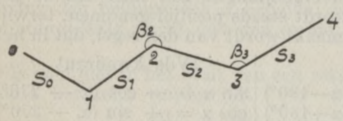


Fig. 3.

Is dus het beginpunt 0 met de coördinaten $(x_0\ y_0)$ bekend, dan kunnen alle andere daaruit worden berekend. Moet de veelhoek aangesloten worden op een tweede gegeven punt n ($x_n\ y_n$) dan zullen volgens (2) de richtingshoeken α_0 en α_n te berekenen zijn uit

$$\mathrm{tg}\ \alpha_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

$$\mathrm{tg}\ \alpha_n = \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}}$$

en heeft men volgens (3)

$$\begin{array}{l} \alpha_1 = \alpha_0 + \beta_1 \pm 180° \\ \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 \pm 180° \\ \text{— — — — — — —} \\ \alpha_{n-1} = \alpha_{n-2} + \beta_{n-1} \pm 180° \\ \alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_n \pm 180° \end{array}$$

of opgeteld

$$\alpha_n = \alpha_0 + [\beta] \pm i \times 180°. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

waarin $\pm\ i \times 180°$ een onbepaald gelaten veelvoud van 180° is, welk bedrag niet in rekening behoeft te worden gebracht. Uit (4) leidt men af

$$[\beta] = \alpha_n - \alpha_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Wegens de onvermijdelijke waarnemingsfouten heeft men evenwel een meer of minder groot bedrag. Is de fout f_β, dan is dus

$$f_\beta = (\alpha_n - \alpha_0) - [\beta]$$

Blijft de fout beneden bepaalde grenzen, dan kan men haar in gelijke deelen over alle brekingshoeken β verdeelen en rekent men volgens (3) met alle hoeken gecorrigeerd door. Men krijgt dan weder kleine verschillen, namelijk:

$$(y_n - y_0) - [s \sin \alpha] = f_y \quad \text{en} \quad (x_n - x_0) - [s \cos \alpha] = f_x$$

Blijven ook deze binnen zekere grenzen, dan verdeelt men deze op de enkele $s \sin \alpha$ en $s \cos \alpha$ gewoonlijk in verhouding tot de lengten s en men telt de coördinaten volgens (3) op.

Als voorbeeld van berekening kan de volgende tabel dienen. De verdeeling der correcties kan het gemakkelijkst met de rekenliniaal geschieden, wanneer men deze op $\frac{37}{578}$ respectievelijk $\frac{40}{578}$ stelt en op den looper volgens de rij af de waarden afleest. Het teeken blijft aan het teeken der geheele corectie gelijk. De beschreven correctiewijze is in de practijk het meest aangewezen.

Volgens Pruisische voorschriften mag de gezamenlijke fout van een veelhoeksmeting niet grooter zijn dan $1{,}5 \sqrt{n}$ minuten, waarbij n het aantal brekingshoeken (aan- en afsluithoek medegerekend), hetgeen overeenkomt met de volgende waarden:

n =	2	4	6	8	10	15	20	25
f_β max. =	2,1′	3,0′	3,7′	4,2′	4,7′	5,8′	6,7′	7,5′

Evenzoo zal voor de coördinatenfouten gemiddeld moeten gelden de waarde

$$\sqrt{f_y^2 + f_x^2} = f = 0{,}01 \sqrt{6\,[s] + 0{,}0075\,[s]^2}$$

hetgeen overeenkomt met de volgende waarden:

Punt	Brekingshoek β		Richtingshoek α	Strek s in M	log s log sin α log s sin α	log s log cos α log s cos α	Ordinatenverschil s sin α +	—		Abscissenverschil s cos α +	—		Verbeterde verschillen $\triangle y$ y	$\triangle x$ x
0			120° 35′ = $\alpha°$											
1	24° 15′	+ 2′	144° 52′	159	2,201 40 9,912 66 2,114 06	2,201 40 9,760 03 n 1,961 43 n	130,04		+ 10		91,50	—10	+130,13	— 91,60
2	193° 20′	+ 2	158° 14′	123	2,089 91 9,967 88 2,057 79	2,089 91 9,569 17 n 1,659 08 n	114,23		+ 8		45,61	— 9	+130,13 +114,31	— 91,60 — 45,70
3	85° 25′	+ 2′	63° 41′	85	1,929 42 9,952 48 1,881 90	1,929 42 9,646 73 1,576 15	76,19		+ 5^5	37,68		— 6	+244,44 + 76,25	—137,30 + 37,62
4	251° 45′	+ 2′	135° 28′	114	2,056 90 9,852 99 1,909 89	2,056 90 9,845 92 n 1,902 82	81,26		+ 7		79,95	— 8	+320,69 + 81,34	— 99,68 — 80,03
5	74° 10′	+ 2′	29° 40′	97	1,986 77 9,694 56 1,681 33	1,986 77 9,938 98 1,925 75	48,01		+ 6^5	84,28		— 7	+402,03 + 48,07	—179,70 + 84,21
som 3 × 180° =	628° 55′ 540° 88° 55′ 89° 5′	$+\frac{10'}{5}$	29° 40′ $\alpha_5 - \alpha_0$ = 89° 5′	578 = [s]	$\sqrt{f_y^2 + f_x^2} = f =$ 0,545 M		449,73 + 449,73 450,10	0		121,96 — 95,10 — 95,50	217,06		+450,10 $=y_0 - y_n$	— 95.50 $=x_0 - x_n$
correctie f_β	= + 10′	= 2′					correctie f_y = + 0,37			correctie f_x = — 0,40				

[s]	f
200 M	0,39 M
400	0,60
600	0,79
800	0,98
1000	1,16
1500	1,61
2000	2,05
2500	2,48
3000	2,92

In den regel zijn logarithmen met 5 decimalen voldoende voor de berekening, ook wel 4 decimalen bij korte afstanden, waarbij dan ook de richtingshoeken in minuten, hoogstens $^1/_3$ minuut afgerond worden.

Het tachymetrisch opnemen van terreinen, hetwelk de kennis van de horizontale en van de verticale ligging der punten beoogt, geschiedt met een *tachymetertheodoliet.* (Zie ook bldz. 483.) Voor het opnemen van terreinen voor den bouw vanwegen spoorwegen, kanalen, enz. en ook voor topografische opnamen, komt het niet zoo zeer op groote nauwkeurigheid als wel op vlugge werkwijze aan. Daarvoor moet het instrument niet te veel en te fijne onderdeelen bezitten, maar liever krachtig en gemakkelijk zijn gebouwd, waarbij gemakkelijke directe aflezing gewenscht is. Daartoe is de aflezing der cirkels en libellen enkel in minuten voldoende. De aflezing op den rand- en hoogtecirkel geschiedt slechts bij één nonius en is voldoende, terwijl contrôle kan geschieden door een speciale afleesstreep achter de laatste noniusstreep. Ook bezigt men voor de hoogtecirkels een zwarte streepverdeeling op celluloid en eenvoudige indexstrepen, welke met een loupe worden afgelezen. Grootere nauwkeurigheid bij gelijk gemak van aflezing geven de streepmicroscopen. De eenvoudigste tachymetertheodoliet is de cirkeltachymeter (b.v. van *Richer*), bestaande uit een theodoliet met hoogtecirkel en kijker voor afstandsmeten ingericht, waarbij de aflezingen op den hoogtecirkel en de baak in staatjes worden vereenigd en thuis uitgewerkt. Is b.v. in fig. 4 het punt nr. 50 het standpunt van den theodoliet (operatiepunt) van waaruit de andere punten worden opgenomen, dan is de opname op te teekenen volgens bijgaanden staat op bldz. 499 (tachymeterboek).

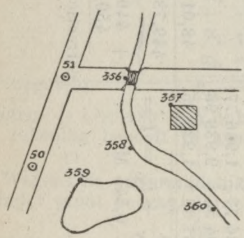


Fig. 4.

Daar bij de meeste tacheometers op de vertikale cirkelranden het complement van den hellingshoek wordt afgelezen, krijgt men voor den afstand alzoo a $\sin^2\beta$ en voor het hoogteverschil

$$a \sin^2\beta \text{ tg } (90° - \beta) = \tfrac{1}{2} a \sin^2\beta$$

(zie ook bldz. 483).

Daar op de rekenliniaal en in de gebruikelijke tabellen alleen de onderdeelen in 10′ nauwkeurig zijn af te lezen, stelt men op het terrein den hellingshoek zoo in, dat slechts geheele aantallen van 10′ worden afgelezen.

Tafels kunnen daarvoor worden gebruikt, waarbij de constante B gelijk aan 100 is gesteld, welke tafels natuurlijk ook kunnen worden gebezigd voor B = 200, 50 enz., door vermenigvuldiging respectievelijk met 2, ½, enz.

Voorbeeld: B = 200 l = 1,54 α = 10° 40′ of β = 79° 20′ (oude verdeeling).

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12	13	14
Aanwijzing der standplaatsen	Hoogte van het instrument (boven piket)	Nummer van de standplaatsen (piketten) of detailpunten	Hoek		Aflezing der draden	Verschil of afstand a	Hoogte van den middendraad in M	Horizontale afstand a sin β.	Hoogte a sin β × tg (90°—β)		Verschil		Herleiding tot het vergelijkingsvlak	
			*) horizontaal α	**) verticaal β					teeken		Klimming	Daling	Instrument	Piket
Standplaats No. **50**		**51**												
		356												
		357												
		358												
		359												
		360												
		enz.												
Standplaats No. **51**		**50**												
		359												
		358												
		357												
		356												
		enz.												

In dezen staat zijn de kolommen 1 tot en met 7 op het terrein terstond in te vullen, terwijl ook 8 gemakkelijk is te berekenen. De waarden van de kolommen 9 en 10 worden thuis met behulp van logarithmische rekenliniaal of tabel berekend.

*) of azimuth.

**) of tophoek gemeten van top tot voorwerp (complement van den hellingshoek).

l = 1,54 geeft voor a :	voor h :
1 × = 96,6	1 × = 18,2
0,5 × = 48,29	0,5 × = 9,09
0,04 × = 3,863	0,04 × = 0,728
a = 148,753 M	h = 28,018 M.

De reductie van den afstand op het horizontaal vlak kan worden verwaarloosd, wanneer de depressie- of elevatiehoek kleiner is dan 3° bij grooteren afstand dan 100 M; bij kleinere afstanden van 40 à 30 M kan men tot 4° gaan. Het hoogteverschil H tusschen twee piketten of standplaatsen vindt men bij elevatie van de vizierlijn uit

$$+ d + h - m = + H$$

en bij depressie van de vizierlijn uit

$$+ d - h - m$$

waarbij H positief of negatief is.

Men begint de meting door opstelling boven een bekend of willekeurig aanvangspunt, dat het begin vormt van een gebroken lijn (hoofdoperatielijn), gevormd door de verbinding van achtereenvolgende stand- of operatiepunten. Voor de berekening van deze open veelhoeken zal men contrôle moeten vinden door aansluiting op bekende vaste punten of door de vorming van gesloten veelhoeken. Is de breedte van het terrein te groot om alle punten te overzien, dan brengt men zijlijnen uit, die zoo mogelijk weder op andere punten van de hoofdlijn aansluiten, en alleen bij kleine afstanden van 4 à 5 slagen zonder aansluiting mogen doodloopen. Van uit de operatiepunten, welke blijvend op het terrein worden vastgelegd, neemt men de detailpunten op, welke door aflezing op een baak worden verkregen. De afstand der hoofdoperatiepunten bedraagt voor ongeoefend personeel tot 200 meter, maar kan door geoefenden tot 400 meter worden opgevoerd.

In elk standpunt stelt men de 0—180° lijn van den horizontalen cirkelrand zooveel mogelijk in den magnetischen meridiaan en meet men de hoogte van de draaiingsas van den kijker boven dit punt (kop piket), terwijl daarna eerst op de achterbaak van het vorige piket en dan op de voorbaak van het volgend piket gericht wordt, alvorens de detailpunten worden opgenomen. Veelal kan men bij oefening op de baken nog tot halve meters nauwkeurig den afstand aflezen. Voor een goede verdeeling van den arbeid is het beter eerst de hoofdoperatielijn op te nemen en daarna de detailpunten, daar dan in dien tijd de coördinatenstaten van de hoofdoperatielijn kunnen worden berekend, vereffend en in teekening gebracht.

De detailpunten worden alle genummerd. Men moet juist genoeg en niet te veel punten opnemen, daar dit meer werk geeft, niet evenredig aan het nut, vooral bij het maken van hoogtelijnen. Voor groote oppervlakken zijn b.v. voor een schaal van 1 : 2000 punten op afstanden om de 30 M veel te dicht, al neme men in zeer regelmatig terrein geen punten verder dan 100 M van elkaar.

Ook is het voldoende bij de waarneming der detailpunten den horizontalen hoek zonder loupe in kwart, halve of heele graden af te lezen, naarmate het punt verder of dichterbij ligt, (b.v. in graden bij 100 M afstand of minder) behalve wanneer het speciale punten betreft.

De horizontale afstand der operatiepunten, welke, zooals gezien, tweemaal opgenomen wordt, (waarvan het gemiddelde genomen) geeft dikwijls verschillen van ½ tot 1 % deze verschillen heffen elkaar bij lange operatielijnen op. Het azimuth der verbindingslijn op twee achtereenvolgende standplaatsen zou een verschil van 180 graden moeten geven, veelal is het 15 tot 25 minuten, meer of minder, daar op de magneetnaald allerlei invloeden werken. Een fout van 90 graden bij het aflezen der horizontale hoeken voorkomt men door op de windstreken te letten. Een onjuiste aflezing der vertikale hoeken kan gevonden worden door heen- en terugwaarneming van het hoogteverschil van twee opvolgende piketten; grooter verschil dan 15 cM kan worden toegelaten, al is veelal 10 cM uitzondering. Zijn de klimmingen grooter dan de overeenkomstige dalingen, dan wijst dit op een fout in den nonius van den vertikalen rand. Bij berekening met de rekenliniaal dient men rekening te houden met de minder nauwkeurige uitkomsten daarvan voor de horizontale projectie van lijnen met sterker hellingshoek dan 30 graden, zoodat deze zooveel mogelijk moeten worden vermeden.

Om deze berekeningen te ontgaan en direct op het veld de gewenschte afstanden en hoogten te kunnen aflezen, heeft men tachymetertheodolieten, welke daarvoor geconstrueerd zijn (schuiftachymeter van *Wagner-Fennel*, waarbij de op den horizon gereduceerde afstanden direct worden afgelezen; de zelfreduceerende tachymeter

van *Hammer-Fennel*, waarbij men door den kijker zelf direct uit het zich daarin bevindende dradendiagram de afstanden en hoogten afleest).

De coördinaten van de punten der hoofdoperatielijn en der zijlijnen worden in teekening gebracht ten opzichte van een loodrecht assenstelsel, waarvan de West-Oost- en Zuid-Noordrichtingen de assen zijn. Voor de eerstgenoemde richting wordt de richting 0—180 graden van den horizontalen rand bij inspelende magneetnaald gedurende den allereersten slag der opname aangenomen. Daar de nulrichtingen der horizontale randverdeeling op de achtereenvolgende standplaatsen door allerlei oorzaken onderling niet evenwijdig zijn, zoo zullen de azimuthen van heen- en terugslag niet juist 180 graden verschillen. Men brengt echter aan het azimuth van elken terugslag zoodanige correctie aan, dat het juist 180 graden verschilt met het azimuth van den heenslag. Om den standhoek niet te wijzigen zal dan dezelfde correctie moeten worden aangebracht aan het azimuth van den opvolgenden heenslag. Verder wordt naar het hoofdstuk coördinatenberekening verwezen. De z.g. coördinatenstaat kan in den volgenden vorm worden gebracht :

Coördinatenstaat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stand-plaats	Horizontale hoek naar		Verschil	Gewijzigd azimuth	Afstand	Sinus		Cosinus		Som der	
	achter	voor				+	—	+	—	sinus	cosinus

Sluit bij de opname van een gesloten veelhoek de berekening der coördinaten niet, dan moet deze worden vereffend, tenzij het verschil niet meer dan 5 tot 20 M op 10 KM lengte der operatielijn bedraagt, daar vele opnamen, zooals bij spoorwegen, geen al te groote nauwkeurigheid vereischen, omdat het tracé uit de kaarten op het terrein wordt uitgezet, telkens bij gedeelten vastgelegd aan verschillende opgenomen vaste punten, zoodat de fouten vanzelf onschadelijk worden gemaakt. Ook kunnen volgens schatting correcties worden aangebracht.

De berekening der hoogten geschiedt met behulp van de op den coördinatenstaat bij te voegen kolommen, bevattende de uit het tachymeterboek overgenomen hoogteverschillen.

Tusschen de hoogten van twee op elkaar volgende piketten kunnen verschillen tot 15 cM voorkomen en worden toegelaten, wanneer het opnamen voor spoorwegen, enz. geldt. Bij een juist geregeld instrument behoeven geen grooter verschillen dan 8 cM voor te komen; algemeen krijgt men verschillen van 2 tot 8 cM.

Het in kaart brengen.

Tacheometeropnamen worden veelal in schaal van 1 1000 tot 1: 10 000 in teekening gebracht. Bij wegen en spoorwegen gewoonlijk 1: 2000. Bij schaal van 1: 500 kan men zonder vereffening nog voldoende aansluiting op de teekening krijgen.

Bij spoorwegaanleg wordt de hoofdoperatielijn in teekening gebracht op kleiner schaal (b.v. 1: 20 000 bij 1: 2000 der bladen), waardoor een overzicht van den loop der meetlijnen wordt verkregen, waaruit de bladverdeeling der kaarten zoodanig kan worden, dat het op te meten terrein zooveel mogelijk symmetrisch op de kaarten komt.

Bij groote afgeronde gebieden, welke zooveel mogelijk natuurgetrouw in kaart moeten worden gebracht, past men het best de vlaktegetrouwe azimuthale kaartprojectie toe (Zie bij kaartprojecties.), waarbij het vlak van projectie het af te beelden deel der aarde in het midden daarvan raakt. Voor equatoriaalgebieden is de *Mercator-Sansonsche* projectie gemakkelijker, waarbij zich, behalve de meridiaan door het centrale punt, ook de parallelcirkels als rechte lijnen afbeelden, (bldz. 462) Men neemt voor de geografische coördinaten van het centrale punt de op 10 minuten afgeronde getallen; op de in het centrale punt getrokken vertikale lijn (de meridiaan

van dit punt) zet men nu naar boven en naar onderen telkens den afstand van 10 breedte uit, welke lengten uit onderstaande tabel te vinden zijn.

De in deze deelpunten getrokken loodlijnen stellen dan de parallellen voor. Zet men op de noordelijkste en zuidelijkste daarvan naar beide zijden de lengten van 10 minuten voor de bijbehoorende breedten uit, welke lengten eveneens uit de tabel zijn te ontleenen, dan geven de rechte verbindingslijnen dezer deelpunten voldoende nauwkeurig de meridianen weer. In dit net van lijnen worden dan volgens de geografische coördinaten de vaste punten van het terrein naar verhouding ingeteekend.

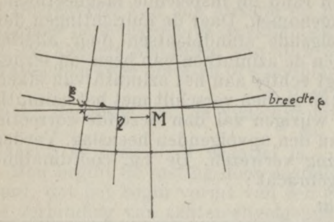


Fig. 5.

Voor hoogere breedten zijn de parallellen niet meer zuiver recht, maar gebogen aan te nemen en kunnen de snijpunten met de meridianen worden berekend uit (fig. 5)

$$\xi = \frac{\eta^2 \operatorname{tg} \varphi}{2 R}$$

waarin R de gemiddelde straal van de aarde.

Lengte van een boogminuut van den meridiaan en de parallel bij verschillende breedten.

Breedte φ	Meridiaan		Parallel		Breedte φ	Meridiaan		Parallel	
	Meter	Verschil voor 1°	Meter	Verschil voor 1°		Meter	Verschil voor 1°	Meter	Verschil voor 1°
0°	1 842,7		1 855,1		40°	1 850,4		1 423,1	
5	1 842,8	0,02	1 848,1	1,40	45	1 852,0	0,32	1 313,9	21,84
10	1 843,3	0,10	1 827,1	4,20	50	1 853,6	0,32	1 194,8	23,82
15	1 844,0	0,14	1 792,5	6,92	55	1 855,2	0,32	1 066,4	25,68
20	1 844,9	0,18	1 743,9	9,72	60	1 856,6	0,28	929,9	27,30
25	1 846,0	0,22	1 682,3	12,32	65	1 858,0	0,28	786,2	28,74
30	1 847,3	0,26	1 607,9	14,88	70	1 859,2	0,24	636,4	29,96
35	1 848,8	0,30	1 521,3	17,32	75	1 860,1	0,18	481,7	30,94

Om de gesteldheid van het oppervlak weer te geven, wordt gebruik gemaakt van de opgenomen hoogtepunten, waartusschen lijnen van gelijke hoogte of zoogenaamde hoogtelijnen worden geteekend. Bij geaccidenteerd terrein en tachymetrisch opgenomen hoogtepunten past men meestal deze hoogtelijnen op het oog aan de omgeving aan. Bij minder hellend terrein en heuvelland kan het terrein door een netwerk van lijnen worden verdeeld, welke veel- of driehoeken insluiten, waarvan de hoekpunten in hoogten worden bepaald. Het terreinoppervlak kan men namelijk aan een regelvlak gelijk denken en wel van een polyeder, waarvan de hoeken op het terreinsoppervlak liggen en de rechtlijnige zijden zoo dicht mogelijk als noodig daarmede samenvallen. Deze zijden omsluiten dan òf vlakke òf scheluwe vierhoeken. Men zoekt nl. op het terrein een vierhoek van 50 tot 100 M zijde, waarvan het oppervlak volgens het oog een horizontaal of hellend vlak is. Neemt men daarvan de hoekpunten en het snijpunt der diagonalen, dan zal in een werkelijk vlak oppervlak de hoogte van dit snijpunt moeten overeenstemmen met de uit de verhouding der afstanden tot de hoekpunten berekende en de waargenomen hoogte, hetgeen in den regel niet het geval is. Komt de laatste met één der beide berekende overeen, dan kan men den vierhoek verdeelen in 2 driehoeken, welke de diagonaal tot gemeenschappelijke zijde hebben, waarvoor de berekening uitkomt.Ligt de waarneming, tusschen beide berekende in, dan is de veelhoek het best als scheluw te beschouwen welke scheluwe vierhoeken algemeen de terreinvorming het best weergeven; zelfs oogenschijnlijk zeer oneffen terreinoppervlakken zijn daardoor goed weer te geven (b.v. zadeloppervlakken). In het algemeen is een scheluwe vierhoek naar zijn beide diagonalen gewelfd; daarbij vallen alleen lijnen, welke de twee tegengestelde zijden in gelijke verhouding deelen met het scheluwe oppervlak samen, alzoo alle rechte lijnen, welke twee tegengestelde zijden halveeren, in vieren deelen, enz. Zijn de

hoogten der vierhoekspunten gegeven, dan is de hoogte van de helft der zijden dus gemakkelijk te vinden nl. moeten deze ook ter halver hoogte liggen, idem bij ¼ deel, enz. De hoogtelijnen, welke snijlijnen van platte vlakken met het terrein of met de beschouwde scheluwe vierhoeken zijn, zijn nu òf rechte lijnen òf hyberbolen en in het algemeen het laatste. In elken scheluwen vierhoek laten zich nu twee hoogtelijnen vinden, welke recht zijn en de asymptoten van alle hoogtelijnen van den vierhoek zijn. In vlakke driehoeken zijn de hoogtelijnen evenwijdige lijnen, welke de driehoekszijden deelen in stukken evenredig aan de hoogteverschillen.

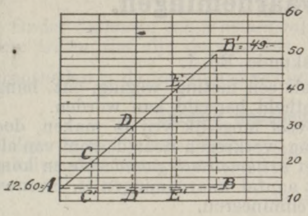


Fig. 6.

Practisch gaat men nu als volgt te werk: op calqueerpapier teekent men volgens willekeurige hoogteschaal een net van lijnen (fig. 6).

Legt men dit in A met de behoorende hoogte evenwijdig op het te verdeelen stuk AB der kaart, dan krijgt men het profiel daarvan in de lijn AB'. Door afteekening der punten C, D, E, enz. krijgt men dan de gezochte punten C_1, D_1, E_1, enz. der hoogtelijnen. Ook kan men het stuk AB volgens AB' leggen en de punten C, D, E en F direct op de kaart steken, maar moet in dit geval AB $>$ BB' of de transparant van verschillende hoogteschaal voorzien zijn. Men kan ook op calqueerpapier een rij parallellen trekken, waarvan de laatste in verschillende schaal worden gedeeld en de correspondeerende schaalpunten rechtlijnig verbonden. Men legt dit net (fig. 7) nu op de kaart, zoodanig, dat de hoogten van A en B met de schaalpunten overeenkomen en steekt de daarbij behoorende snijpunten der hoogtelijnen door.

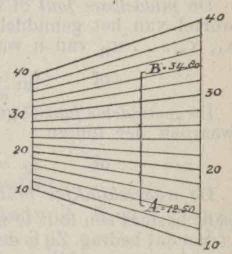


Fig. 7.

Het hoogteverschil van twee hoogtelijnen moet zoo gekozen worden, dat het terrein zoo natuurgetrouw mogelijk wordt afgebeeld, terwijl het minstens het dubbele van de mogelijke hoogtefout moet bedragen, daar anders tusschen twee gelijk hooge hoogtepunten twee niveaulijnen kunnen worden geteekend. In het algemeen zal het hoogteverschil dan ook niet kleiner dan 0,5 M mogen zijn, terwijl in bergland hoogtelijnen op minstens 2 M gewenscht zijn; kleine schalen verlangen in het algemeen grootere hoogteverschillen. Voor heuvelland neme men liefst:

liefst:	bij schaal van 1 : 1 000	1 tot 2 M	hoogteverschil
	„ „ „ 1 : 10 000	5 „ 10 „	„
	„ „ „ 1 : 25 000	10 „ 20 „	„

De topografische kaarten van Ned.-Indië hebben hoogtelijnen met verschillen van 1/500 van de schaal der kaart, alzoo 2 M voor 1 : 1000; 10 M voor 1 : 20 000, enz.

Nauwkeurigheid van waarnemingen.

Litteratuur.

Dr. W. Jordan. Handbuch der Vermessungskunde Bd. I.

De nauwkeurigheid van een waarneming, zooals een meting, weging, enz. hangt af van de nauwkeurigheid, waarmede elke grootheid bepaald kan worden.

Om waarnemingen van toevallige fouten zooveel mogelijk vrij te maken, doet men ze meerdere malen achter elkaar. Het bedrag, verkregen door de som van alle waarnemingen te deelen door het aantal, heet het *arithmetrisch gemiddelde* en komt zoo na mogelijk bij de waarheid, hoe grooter het aantal waarnemingen is. Evenwel is hiermede niet de fout in de methode zelf te elimineeren.

Bepaling der fouten van waarnemingen volgens de methode der kleinste vierkanten.

Bij de berekening volgens de methode der kleinste vierkanten worden de waarnemingen eerst zooveel als mogelijk is van de regelmatige fouten ontdaan, zoodat hoofdzakelijk de toevallige fouten van waarneming overblijven.

De *middelbare fout* of middelbare waarde der fouten van een waarneming is de wortel van het gemiddelde (rekenkunstig midden) van de vierkanten der fouten $x_1, x_2 \ldots x_n$ van n waarnemingen

$$\text{of} \quad f_m = \sqrt{\frac{[x^2]}{n}}, \text{ waarin } [x^2] = \Sigma x^2.$$

De *gemiddelde fout* of gemiddelde waarde der fouten is het gemiddelde der absolute waarden der fouten

$$\text{of} \quad f_g = \frac{[x]}{n}.$$

De *waarschijnlijke fout* f_w is die grootheid, zoodanig gekozen, dat er evenveel kans bestaat een fout te maken, die grooter is, als om een fout te maken, die kleiner is dan dat bedrag. Zij is de middelste term uit een reeks van fouten naar haar absolute waarde gerangschikt.

Men heeft tusschen de drie bovengenoemde fouten de volgende betrekkingen:

$$f_m = 1{,}253\,3 \quad f_g = 1{,}492\,6 \quad f_w$$

$$f_g = 0{,}797\,9 \quad f_m = 1{,}182\,9 \quad f_w$$

$$f_w = 0{,}647\,5 \quad f_m = 0{,}845\,3 \quad f_g$$

Is een waarneming afhankelijk van meerdere waarnemingen, m.a.w. een functie van meerdere waarnemingen, alzoo

$$P = f\,(p_1, p_2, p_2 \ldots \text{enz.}),$$

dan zal de fout in de waarneming P zijn

$$X = x_1 \frac{df}{dp_1} + x_2 \frac{df}{dp_2} + x_3 \frac{df}{dp_3} + \ldots$$

waarin x_1, x_2 enz. de fouten in de enkele waarnemingen, en de middelbare fout van de waarneming P

$$M^2 = \frac{\Sigma X^2}{n} = m_1^2 \left(\frac{df}{dp_2}\right)^2 + m_2^2 \left(\frac{df}{dp_2}\right)^2 + m_3^2 \left(\frac{df}{dp_3}\right)^2 + \text{enz.}$$

waarin m_1, m_2, m_3 enz., de middelbare fouten van de enkele waarnemingen.

1. Geval $P = a\,p$, dan is $M^2 = a^2m^2$ of $M = am$
2. „ $P = p_1 \pm p_2 \pm \ldots$. dan is $M^2 = m_1^2 \pm m_2^2 \pm \ldots$
3. „ $P = a_1p_1 \pm a_2p_2 \pm a_2p_2 \pm \ldots$ dan is $M^2 = a_1^2m_1^2 \pm a_1^2\,m_2^2$ enz. $= \Sigma\, a^2m^2$.

Waarnemingen, die even nauwkeurig zijn, hebben *gelijk gewicht;* zijn zij niet even nauwkeurig, dan heeft iedere waarneming een verschillend gewicht.

De gewichten zijn omgekeerd evenredig met de kwadraten der middelbare fouten; tusschen beide bestaan de betrekkingen

$$f_{m_1}\sqrt{g_1} = f_{m_2}\sqrt{g_2} = f_{m_n}\sqrt{g_n} = \mu$$

waarin μ de middelbare fout van de gewichtseenheid.

Voor het vereffenen der fouten van waarnemingen met gelijk gewicht moet nu

$$[x^2] = \text{minimum}$$

en van waarnemingen van ongelijk gewicht

$$[g\,x^2] = \text{minimum zijn.}$$

Onder de *fouten van n waarnemingen* van een grootheid P verstaat men de *schijnbare fouten*, dat zijn de waarden, welke ontstaan door van ieder der waargenomen grootheden p de meest waarschijnlijke waarde $\frac{[p]}{n}$ af te trekken.

Directe waarnemingen met gelijk gewicht.

Zijn de (schijnbare) fouten $x_1, x_2 \ldots . x_n$, dan is de middelbare fout m voor de enkelvoudige waarneming

$$m = \sqrt{\frac{[x^2]}{n-1}}$$

en de middelbare waarde M van de fout in de waarneming

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}$$

Waarbij $[x^2] = [p^2] - n\,P^2.$

Directe waarnemingen met ongelijk gewicht.

De middelbare fout van de gewichtseenheid is

$$\mu = \sqrt{\frac{[g\,x^2]}{n-1}}$$

De middelbare waarde van de fout in de waarneming

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[g]}}$$

Waarbij $[g\,x^2] = [g\,p^2] - [g]\,P^2.$

Indirecte waarnemingen met gelijk gewicht.

Heeft men waarnemingen, welke aan te bepalen grootheden A, B en C door de volgende betrekkingen verbonden zijn

$$\begin{aligned} P_1 &= a_1\,A + b_1\,B + c_1\,C \\ P_2 &= a_2\,A + b_2\,B + c_2\,C \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P_n &= a_n\,A + b_n\,B + c_n\,C \end{aligned}$$

dan worden deze grootheden A, B en C uit de door meting gevonden waarden p_1, $p_2 \ldots p_n$ bepaald door middel van de volgende normaalvergelijkingen

$$\begin{aligned} [a^2]\,A + [a\,b]\,B + [a\,c]\,C &= [a\,p] \\ [a\,b]\,A + [b^2]\,B + [b\,c]\,C &= [b\,p] \\ [a\,c]\,A + [b\,c]\,B + [c^2]\,C &= [c\,p] \end{aligned}$$

De middelbare fout van de enkele waarneming is:

$$m = \sqrt{\frac{[x^2]}{n-3}}$$

waarin $[x^2]$ te vinden uit:

$$[x^2] = [p^2] - A\,[a\,p] - B\,[b\,p] - C\,[c\,p]$$

De middelbare waarden van de fouten in A, B en C zijn

$$M_A = m\sqrt{Q_{11}} \qquad M_B = m\sqrt{Q_{22}} \quad \text{en} \quad M_C = m\sqrt{Q_{33}}$$

waarin Q_{11}, Q_{22} en Q_{33} gewichtsgetallen te vinden uit de gewichtsvergelijkingen.

$$\begin{aligned} [a^2]\,Q_{11} + [a\,b]\,Q_{21} + [a\,c]\,Q_{31} &= 1 \\ [a\,b]\,Q_{11} + [b^2]\,Q_{21} + [b\,c]\,Q_{31} &= 0 \\ [a\,c]\,Q_{11} + [b\,c]\,Q_{21} + [c^2]\,Q_{31} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [a^2]\,Q_{12} + [a\,b]\,Q_{22} + [a\,c]\,Q_{22} &= 0 \\ [a\,b]\,Q_{12} + [b^2]\,Q_{22} + [b\,c]\,Q_{32} &= 1 \\ [a\,c]\,Q_{12} + [b\,c]\,Q_{22} + [c^2]\,Q_{32} &= 0 \end{aligned}$$

$$[a^2]\,Q_{13} + [a\,b]\,Q_{23} + [a\,c]\,Q_{33} = 0$$
$$[a\,b]\,Q_{13} + [b^2]\,Q_{23} + [b\,c]\,Q_{33} = 0$$
$$[a\,c]\,Q_{13} + [b\,c]\,Q_{23} + [c^2]\,Q_{33} = 1$$

in welke vergelijkingen $Q_{12} = Q_{21}$, $Q_{13} = Q_{31}$ en $Q_{23} = Q_{32}$.

Hetzelfde geldt voor de bepaling van meerdere grootheden A, B, C, enz. waarbij voor de middelbare fout van de enkele waarneming geldt

$$m = \sqrt{\frac{[x^2]}{n - s}}.$$

Indirecte waarnemingen met ongelijk gewicht.

Hiervoor gelden de normaalvergelijkingen:

$$[g\,a^2]\,A + [g\,a\,b]\,B + [g\,a\,c]\,C = [g\,a\,p]$$
$$[g\,a\,b]\,A + [g\,b^2]\,B + [g\,b\,c]\,C = [g\,b\,p]$$
$$[g\,a\,c]\,A + [g\,b\,c]\,B + [g\,c^2]\,C = [g\,c\,p]$$

De middelbare fout van de gewichtseenheid is:

$$\mu = \sqrt{\frac{[g\,x^2]}{n - 3}}$$

waarin $[g\,x^2] = [g\,p^2] - A\,[g\,a\,p] - B\,[g\,b\,p] - C\,[g\,c\,p]$

De middelbare fouten in A, B en C zijn:

$$M_A = \mu\sqrt{Q_{11}} \qquad M_B = \mu\sqrt{Q_{22}} \qquad M_C = \mu\sqrt{Q_{33}}$$

De gewichtsvergelijkingen luiden:

$$[g\,a^2]\,Q_{11} + [g\,a\,b]\,Q_{21} + [g\,a\,c]\,Q_{31} = 1$$
$$[g\,a\,b]\,Q_{11} + [g\,b^2]\,Q_{21} + [g\,b\,c]\,Q_{31} = 0$$
$$[g\,a\,c]\,Q_{11} + [g\,b\,c]\,Q_{21} + [g\,c^2]\,Q_{31} = 0$$

enz.

Nauwkeurigheid van lengteafmetingen.

In den regel geven te lange meetwerktuigen te kleine waarden en te korte werktuigen te groote waarden voor de gemeten lengten.

Volgens ervaring is bij lengtemetingen de grootte van de fout

bij	het	gebruik	van	meetlatten	0,002 2
,,	,,	,,	,,	meetbanden	0,002 9
,,	,,	,,	,,	meetkettingen	0,008
,,	,,	,,	,,	meetraderen	0,019
,,	,,	afpassen 0,05.			

Nauwkeurigheid van hoekmetingen:

Volgens ervaring is de fout bij hoekmetingen

bij het gebruik van kijkspleetinstrumenten	2 tot 3′
,, ,, ,, ,, eenvoudige hoekspiegels	4 ,, 5′
,, ,, ,, ,, ,, ,, prisma's	4 ,, 5′

Nauwkeurigheid van een waterpassing.

De middelbare fout te bepalen van een waterpassing, uitgevoerd over een lengte L met n slagen van de lengte s.

Oplossing. De gemiddelde fout μ van een enkele baakaflezing bestaat uit een fout in het richten en een fout bij instelling of aflezing van de libel. Men kan deze fout μ vrij juist evenredig stellen aan den afstand, waarop gericht wordt, alzoo:

$$\mu = k\,\frac{s}{2} \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

Bij elke aflezing maakt men nu een fout $\pm\,\mu$, zoodat de middelbare fout van de waterpassing is (zie bldz. 504).

$$M^2 = \mu^2 + \mu^2 \; . \; . \; . \; . = n\,\mu^2$$

of daar het aantal aflezingen n gelijk is aan $\frac{2L}{s}$:

$$M^2 = \frac{2L}{s}\,\mu^2 \text{ of } M = \mu\sqrt{\frac{2L}{s}}$$

of met inachtneming van (1):

$$M = k\sqrt{L\frac{s}{2}} \quad .\ .\ .\ .\ (2)$$

d.w.z. voor eenzelfde instrument en onder gelijke omstandigheden (k = constant) groeit de middelbare fout van een waterpassing aan evenredig met den wortel uit de lengten der slagen en der waterpassing. Daar de *gewichten* omgekeerd evenredig zijn met de kwadraten der middelbare fouten, moet het *gewicht van verschillende waterpassingen* bij gelijke lengte der slagen en onder gelijke omstandigheden, omgekeerd evenredig met de lengten L genomen worden of

$$g_1 : g_2 : g_3 \ldots\ldots = \frac{1}{L_1} : \frac{1}{L_2} : \frac{1}{L_3} : \ldots\ldots$$

Scheepsmeting.

Meting van zeeschepen.

Bij de Nederlandsche wet van 3 Juni 1875 (Stbl. 101) is voor de meting van zeeschepen het stelsel van Moorsom aangenomen en bij het Kon. Besl. van 21 Augustus 1875 (Stbl. 146) zijn de nadere details daarvan vastgesteld.

Deze methode was in Engeland ingevoerd bij de *Merchant Shipping Act* van 1854 en in 1873 op de internationale bijeenkomst te Constantinopel met algemeene stemmen voor algemeene invoering aangeprezen (zie o.a. Tijdschrift Kon. Inst. v. Ing. 1902—'03).

De methode van Moorsom is de toepassing van den regel van Simpson voor het vinden van den inhoud van vlakken en lichamen, die door gebogen lijnen of kromme vlakken van willekeurigen vorm worden begrensd. De eenheid, die daarbij internationaal is aangenomen, is de *registerton* van 100 kub. Eng. voeten = 2,83 kub. meter. De registerton is van zuiver Hollandschen oorsprong (op het genoemde congres te Constantinopel door den kap. t. z. Jansen aangetoond) en gelijk aan de ruimte, welke één last rogge (volgens ordonnantie van de stad Amsterdam in 1558) of 36 zakken rogge in de laadruimte innamen.

Men onderscheidt bij zeeschepen *bruto-* en *netto*-inhoud.

Onder den eersten worden verstaan alle ruimten, geene uitgezonderd, welke zich *onder* het bovendek bevinden, te zamen met die, welke begrepen zijn in alle vaste, overdekte en gesloten inrichtingen *op* het genoemde dek.

Van deze ruimten *op* het bovendek zijn echter uitgezonderd de inrichtingen,bestemd voor en ingenomen door machinerieën, kombuizen en privaten.

Ter bepaling van den netto-inhoud worden van den bruto-inhoud afgetrokken alle ruimten, welke dienen tot het voortbewegen en besturen van het schip en tot verblijven der bemanning en die alzoo niet tot berging van lading zijn bestemd.

Onder den netto-inhoud worden dus niet gerekend: kajuit, officiershutten, volkslogies en kaartenkamer; de ruimten ingenomen door ankerspillen, stuurinrichting, instrumenten en bootmansgoed; voor *zeilschepen* de zeilkooi, mits de inhoud van deze laatste 2½ °/₀ van den bruto-inhoud niet te boven gaat; voor *stoomschepen* de ruimte door machines en ketels ingenomen met een toeslag voor kolenberging.

Zoo wordt van een raderstoomschip 37 °/₀ van den bruto-inhoud in mindering gebracht, indien de ruimte, welke uitsluitend door werktuigen, ketels, stookplaatsen rookleiding en luchtkokers wordt ingenomen, tusschen de 20 en 30°/₀ van den bruto-inhoud bedraagt.

Bij schroefstoomschepen zijn deze cijfers 32 °/₀, 13 °/₀ en 20 °/₀.

Bedraagt de bedoelde ruimte op rader- en schroefschepen minder dan bovengenoemde minima, dan wordt de inhoud bepaald op 1½ en 1¾ maal de *gemeten* ruimte.

Bedraagt echter de bedoelde ruimte meer dan de genoemde maxima van 30 en 20 °/₀, dan zal de aftrek toch plaats hebben, alsof die overschrijding niet bestond en dus berekend tegen 37 of 32 °/₀ van den bruto-inhoud, tenzij de eigenaar aan een aftrek van 1½ of 1¾ maal den *gemeten* inhoud de voorkeur geeft.

De meting geschiedt door daartoe aangestelde Rijksambtenaren, volgens vaste regelen, voor zeeschepen in het bovenvermeld K. B. van 21 Aug. 1875 omschreven, waaromtrent het volgende kan worden medegedeeld.

Men begint de ruimte onder het *meetdek* te bepalen.

Onder *meetdek* verstaat men het vaste dek bij schepen, die slechts één dek, of het tweede dek van af het ruim, in schepen, die twee of meer dekken hebben.

De ruimte onder het meetdek wordt aldus berekend:

De lengte wordt genomen in een rechte lijn langs den bovenkant van het meetdek aan elk einde iets te verminderen, zóódat de lengte *onder* het meetdek wordt verkregen.

Deze lengte wordt verder, naar gelang van de grootte van het schip, in 4, 6, 8, 10 of 12 gelijke deelen verdeeld, waardoor men dus, de uiteinden meegerekend, 5, 7, 9, 11 of 13 deelpunten verkrijgt.

De vlakte-inhoud van de dwarsdoorsnede over de as van het schip op ieder dier

deelpunten wordt verder bepaald volgens den bekenden wiskundigen regel, waardoor men zoo na mogelijk den juisten inhoud berekent van een door onregelmatige, kromme lijnen begrensde vlakte of ruimte.

Om dien vlakte-inhoud te vinden, bepaalt men vooreerst de hoogte van iedere dwarsdoorsnede. Deze hoogte wordt voorts, wanneer zij 5 Meter of *minder* bedraagt, in 4, en, wanneer zij *meer* dan 5 meter bedraagt, in 6 gelijke deelen verdeeld.

Op ieder der deelpunten van de hoogte met inbegrip der uiteinden, meet men alsdan de *wijdte*.

Men krijgt dan 5 of 7 wijdten, die elk een nummer dragen; zijn er zeven, dan worden zij aldus samengevoegd:

a (No. 1 + No. 7); b (No. 2 + No. 4 + No. 6); c (No. 3 + No. 5).

Zoo er slechts vijf zijn, geschiedt de samenvoeging aldus:

a (No. 1 + No. 5); b (No. 2 + No. 4); c No. 3.

Vervolgens wordt de som a vermenigvuldigd met 1; de som b met 4 en de som c met 2.

De aldus verkregen producten worden samengeteld, en hun som vermenigvuldigd met $^1/_3$ van den afstand tusschen twee deelpunten; die uitkomst geeft den vlakte-inhoud van een dwarsdoorsnede.

Dezelfde methode wordt gevolgd om den ruimte-inhoud te vinden.

Daarvoor geeft men de dwarsdoorsneden een volgnummer, en daarna worden de uiteinden (a) en van de overige de even volgnummers (b) en de oneven volgnummers (c) bijeengeteld en voorts vermenigvuldigd (a) met één, (b) met vier en (c) met twee.

De aldus verkregen producten worden bij elkander geteld, en hun som, vermenigvuldigd met $^1/_3$ van den afstand tusschen twee dwarsdoorsneden, geeft den inhoud van het ruim onder het *meetdek* in kubieke meters of na deeling door 2,83 in registertonnen van 100 kubieke Engelsche voeten.

Waar nu de meetwijze van Moorsom zuiver is aangenomen, wordt voorts de bruto-inhoud der ruimten tusschen het *meetdek en de daarboven gelegen dekken* aldus bepaald:

Tusschen het 2de en 3de dek:

de *lengte* wordt gemeten op de helft der hoogte tusschen de beide dekken. Zij wordt verdeeld in even zooveel deelen als het *meetdek*.

Op ieder deelpunt wordt de wijdte gemeten op de helft der hoogte de wijdten worden weer gerangschikt op dezelfde wijze als ten aanzien van de vlakte-inhouden der dwarsdoorsneden, en verder evenzoo vermenigvuldigd en opgeteld.

De som der verkregen producten vermenigvuldigd met $^1/_3$ van den afstand tusschen de deelpunten der lengte, geeft den inhoud van het gemiddeld horizontaal vlak van het tusschendek, en wanneer men dit weder vermenigvuldigt met de gemiddelde hoogte, verkrijgt men den kubieken inhoud, die weder door deeling door 2,83 tot registertonnen wordt gebracht.

Op dezelfde wijze wordt gehandeld met de meting der bruto-ruimte tusschen het derde en vierde dek, enz.

Vervolgens moeten nog gemeten worden de campagnes, hutten en verdere besloten ruimten *op* het bovendek.

Kan doordat het schip geladen is, de bovenbeschreven *binnen*-werksche meting niet worden toegepast, dan wordt de *buiten*-werksche meting uitgevoerd.

Men meet daartoe de lengte op het meetdek, de grootste breedte op dat dek en den omtrek van den romp tot aan dat dek.

Stel de lengte l, de breedte b en de omtrek o, dan wordt als bruto-inhoud onder het meetdek aangegeven:

$(\frac{1}{2}b + \frac{1}{2}o)^2 \times l \times 0{,}17$ M³ voor ijzeren en

$(\frac{1}{2}b + \frac{1}{2}o)^2 \times l \times 0{,}18$ M³ voor houten schepen.

De ruimten tusschen de overige (bovenliggende) dekken en die op het bovendek moeten dan bij die producten worden gevoegd op de wijze als boven omschreven.

Behalve de uitdrukkingen netto- en bruto-inhoud treft men in scheepvaartberichten meermalen het Engelsche woord *deadweight* aan, hetwelk door *laadvermogen* zou kunnen worden vertaald en het gewicht uitdrukt, dat het ledig, maar voor de zeereis uitgeruste schip moet innemen, om op zijn normale lastlijn te komen.

Hoewel ten overvloede „*incl. bunkers*" wel eens wordt bijgevoegd, is de kolenvoorraad onder de *deadweight* begrepen. (Zie ook bij Nautische maten, bldz. 104).

Met de Duitsche term *Tragfähigkeit* wordt dikwijls alleen de nuttige lading be-

doeld; het gewicht van het schip met de verschillende voorraden wordt als *totes Gewicht* aangegeven. Dit is dus iets heel anders dan deadweight.

Bij oorlogsschepen, als niet tot laden bestemd, wordt zelden de tonnenmaat opgegeven. Algemeen spreekt men van tonnen waterverplaatsing en wel de M³ berekend tegen 1015 KG.

Meting van binnenschepen.

De meting van *binnenschepen* is, in overeenstemming met de naburige rijken Duitschland, Frankrijk en België, bevolen bij de wet van 2 Januari 1899, Staatsblad no. 1 en nader bepaald bij K. B. van 20 Juli 1899, Staatsblad no. 164, en gewijzigd bij K. B. van 4 April 1910, Stbl. 94.

Deze meting heeft ten doel het verschil in *waterverplaatsing* te bepalen tusschen het *geladen* en het *ongeladen* schip. Dit verschil, uitgedrukt in M³ of in tonnen van 1000 KG. geeft het laadvermogen aan.

Ook voor deze meting, die mede door Rijksambtenaren geschiedt, bestaan vaste voorschriften, die in de bijlage van genoemd besluit zijn opgenomen. Zij geschiedt uit den aard der zaak steeds buitenwerks.

In die bijlage is bepaald, welke gereedschappen en losse voorwerpen zich bij de meting van het ledig schip aan boord moeten bevinden; terwijl als vlak van *grootsten* diepgang wordt aangenomen:

§ 1. Art. 4 voor vaartuigen, welke krachtens art. 22 der herziene Rijnvaartakte van 17 October 1868 (goedgekeurd bij wet van 4 April 1869, Stbl. no. 37) van een scheepspatent moeten zijn voorzien, wordt als vlak van den grootsten diepgang aangenomen het vlak als zoodanig aangewezen door een der Commissies van deskundigen voor de Rijnvaart, ingesteld bij ons besluit van 26 October 1906, Stbl. 273.

Art. 4bis. *a.* voor schepen, gebezigd als openbaar middel van vervoer van personen, het vlak ter hoogte van de lijn, aangewezen ingevolge art. 9 van het K. B. van 31 Juli 1880 Stbl. 121.

b. voor raderstoombooten niet vallende onder *a*, het vlak tot hetwelk het vaartuig om naar behooren te kunnen varen, ten hoogst kan inzinken.

c. voor open vaartuigen, het vlak ter hoogte van 10 cM beneden het laagste punt van het vaste boord.

d. voor de niet onder *a*, *b* en *c* begrepen vaartuigen het vlak ter hoogte van den grootsten diepgang, toegelaten bij § 2, 2° en 3° eerste lid van het reglement van politie voor de scheepvaart en vlotvaart op den Rijn met inbegrip van de Waal en Lek, bekrachtigd bij ons Besluit van 7 April 1905, Stbl. 126, gewijzigd en aangevuld bij Ons besluit van 22 Oct. 1906, Stbl. 266, met dien verstande, dat voor vaartuigen met venstergaten in de zijden, dat vlak niet wordt aangenomen boven den onderkant dier venstergaten of ingeval deze niet op gelijke hoogte zijn geplaatst, boven den onderkant van het laagst geplaatste venstergat.

De schepen voor de Rijnvaart zijn van een zichtbaar ijkteeken voor lastvlot voorzien, alsmede van een vertikale verdeeling in decimeters langs de zijden van het schip, ijkschalen geheeten, waarvan de waterverplaatsing kan worden afgelezen en waarnaar met behulp van den ijkbrief de inhoud of het gewicht der lading is te berekenen.

Veelal hebben de schepen een scheepsbrief, waarop de afstand der waterlijnen bij leegvlot en volbelastvlot is aangegeven (ab) en waarin tevens vermeld is de afstand bc of inzinking bij leegvlot. Voor verschillende inzinkingen (ax) is het laadvermogen op den scheepsbrief in een tabel vereenigd, zoodat dit direkt is af te lezen.

De inzinkingen bij leegvlot bedragen voor pramen en tjalken van 60—120 ton ongeveer 50—60 cM, terwijl de afstand der waterlijnen bij leegvlot en volbelastvlot bij deze schepen ongeveer 1,10—1,30 M bedraagt.

Is bovengenoemde scheepsbrief met inhoudsopgave niet aanwezig, dan gaat men als volgt te werk:

Men teekent de waterlijnen op de buitenzijden van het schip bij den vóór- en achtersteven en vóór- en achter de zwaarden. De lengte van het schip wordt gemeten van den vóór- tot den achtersteven; de breedte van de vóór- en achterbolders en vóór en achter de zwaarden.

Men meet nu nauwkeurig de hoogte tusschen de beide waterlijnen bij leeg- en lastvlot, alsmede de snijding op de halve nederlading of de gemiddelde tusschen deze beide lijnen:

aan den vóór- en achtersteven,

aan de vóór- en achterbolders.
en vóór en achter de zwaarden.

Het meten der snijdingen geschiedt met een schietlood. De som der snijdingen aan den vóór- en achtersteven wordt van de totale lengte afgetrokken, waardoor men de lengte verkrijgt op de halve nederlading, die men voor de berekening noodig heeft.

De breedte-maten op de aangegeven plaatsen genomen, worden eveneens met de som derzelver snijdingen verminderd; de overblijvende waarden worden bij elkander getrokken en de som daarvan door 4 gedeeld, waardoor men de gemiddelde breedte op de halve nederlading verkrijgt.

Met betrekking tot de diepte neemt men 4 hoogtematen en wel:
aan den voorsteven, stuurboordzijde,
vóór het zwaard,
aan den achtersteven, bakboordzijde,
en achter het zwaard.

Het vierde gedeelte van de som dezer maten geeft de gemiddelde diepte.

Gemiddelde lengte × gemidd. breedte × gemidd. diepte geeft het volume van het verplaatste water.

Grondstoffen en mortelmaterialen.

Litteratuur.

H. Buchartz. Luftkalke und Luftkalkmörtel.
J. A. van der Kloes Onze Bouwmaterialen.
E. Heusinger v. Waldegg & C. Naske. Die Kalkbrennerei und Cementfabrikation.
Prof. C. Schoch. Mörtel-Materialien Verlag Tonindustrie-Zeitung. Berlin.
P. A. Schroot. De materialen, enz. voor het metselvak. f 1.—, Æ. E. Kluwer, Deventer.

British Standard Specification for Portlandcement. Report issued by the Engineering Standards Committee.

Duitsche Normen voor Portlandcement 1909 in 1910 in Duitschland geldig verklaard.

Grint en Zand.

Grint en zand worden gebezigd zooals zij door de natuur worden geleverd, behoudens eenige sorteering naar de korrelgrootte. Met de toenemende beteekenis van beton en betonijzer wordt steeds meer het belang erkend van een meer wetenschappelijke kennis der eigenschappen. Daarom stellen vele Duitsche bouwdirecties bij de leverantie reeds meer eischen dan de gangbare voorschriften geven.

Volgens de leverantie-eischen van de stad Charlottenburg bijv. moet het hoofdbestanddeel van alle grint en zand kwarts zijn, terwijl als nevenbestanddeel slechts vaste silikaatsteenen (graniet, gneis, grauwacke, basalt, hoornblende) geoorloofd zijn. Alle bijmengselen van verweerde gesteenten zooals kalk, glimmer, leem en mergel worden uitgesloten. Het kleigehalte mag niet meer dan 1,5% en alleen gelijkmatig verdeeld zijn, terwijl koolstof in geen grooter hoeveelheid dan 0,2% aanwezig mag zijn.

Het zand wordt door dezelfde bouwdirectie onderscheiden in 4 korrelgrootten en wel bij luchtdroog materiaal in:

nr. 1 gaande door een zeef van 0,2 mM maaswijdte
„ 2 „ „ „ „ „ 0,6 „ „
„ 3 „ „ „ „ „ 2 „ „
„ 4 „ „ „ „ „ 6 „ „

Het grint, dat op de laatste zeef blijft liggen wordt met nr. 5 aangeduid.

Betongrint moet volgens genoemde directie voor minstens 70% bestaan uit de nrs. 3, 4 en 5 en niet grooter dan 60 mM zijn.

Wegengrint moet voor minstens 50% uit nr. 4 bestaan en voor hoogstens 5% uit nrs. 1 en 2.

Metselzand moet scherp korrelig zijn en bij wrijven met de hand eenigszins knarsen. Het moet voor minstens 75% uit de nrs. 2 en 3 bestaan, waarvan minstens 25% nr. 3. Hoogstens 10% van de grootte 4 en 5. Verder kan men het zand beoordeelen naar mortelproeven (druk- en trekproeven met 1 PC 3 zand).

Normaal zand is zand van zekere korrelgrootte en wordt gebezigd voor het vervaardigen van proefstukken van mortel- en betonmengsels. Het is zand, waarvan het grofste gedeelte wordt afgescheiden door een zeef van 60 mazen per cM^2 bij 0,38 mM draaddikte en het fijnste gedeelte door een zeef van 120 mazen per cM^2 bij 0,32 mM draaddikte.

Duinzand bestaat in ronde cijfers voor 94% uit korrels van kleiner middellijn dan 0,5 mM. Gemiddeld heeft het 34,6 volumeprocent poriën.

Puimzand (*Bimszand*). Puimzand en grint worden uitsluitend gevonden in het Neuwieder bekken en kenmerken zich door gering soortelijk gewicht van 0,6 à 0,8. Het is daarom uitmuntend materiaal voor vulling, enz. en ook voor lichte betonijzerconstructie, waartoe een zekere hoeveelheid kwartszand noodig is.

Daar grint en metselzand voornamelijk uit de rivieren worden gebaggerd, zijn de prijzen bijna geheel van de plaatselijke ligging afhankelijk en voor de plaatsen aan

de rivieren gelegen bovendien van de waterstanden. De grenzen, waartusschen de prijzen voor ons land zich bewegen, waren vóór den oorlog:

Grove grint, 3—5 cM, per M³	. . . . . .	f 2,20—3,00
Fijne „ 1—3 „ „ „	. . . .	- 2,00—2,70
Zeegrint „ „ „	. . . . . .	± f 2,75
Grintzand „ „ „	. . . . . .	- 1,80—2,50
Rivierzand „ „	. . . . . .	- 1,00—1,50

Voor gegraven zand uit den omtrek is te rekenen op een prijs van f 0,25 tot f 0,40 per M³.

Klei.

Klei voor bekleeding van dijken, glooiingen, enz. of voor dichting en gestoken buiten de bouwplaats wordt in ons land berekend op 2,50 à 3 gld. den M³.

Kalk.

Kalk ontstaat door het branden van kalksteenen; het in kalksteen aanwezige calciumcarbonaat wordt bij verhitting in kalkovens ontleed in CaO en CO_2. Bij blusschen ontstaat kalkhydraat $Ca(OH)_2$.

Gebrande kalken, welke bij het blusschen meer dan tweemaal haar volume uitleveren en daarbij geen hydraulisch vermogen bezitten, worden *vette of luchtkalken* genoemd, in tegenstelling met die, welke minder uitleveren bij blusschen en door leemachtige bijmengselen het vermogen verkrijgen om onder water te versteenen (hydraulische kalken). Luchtkalken bevatten alzoo een groot gehalte aan kalk. Men neemt 90% als grens van beide aan.

Cementkalken zijn tot poeder gemalen of gestampte, tot roodgloeihitte gebrande kalksteenmergels, welke niet voor blusschen vatbaar zijn, doch een groote hydrauliciteit bezitten.

De zuiverheid der verkregen kalk hangt nauw samen met de zuiverheid der gebezigde kalksteen. Zoo is *Weenerkalk* een bijzonder zuivere kalksoort, welke geheel vrij is van aluminium-, ijzer- en magnesiumoxyde. Doordat zij ook zeer fijn en zacht is, is zij bijzonder geschikt voor het maken van polijst- en poetsmiddelen.

Daarentegen wijzen b.v. de Limburgsche kalken groote verscheidenheid in samenstelling aan. Onder de luchtkalken is te noemen de Luiksche kalk. Een magerder en daardoor meer hydraulische kalk is de Doorniksche.

De uitlevering van Luiksche kalk is droog gebluscht 3 à 3,5 maal; die van Doorniksche, welke in drie soorten wordt geleverd, achtereenvolgens gemiddeld 2,6, 2,2 en 1,6 maal.

1 M³ losse gebrande kalk vordert voor het nat blusschen ± 2,7 M³ water.

1 HL kluiten weegt ongeveer 125 KG en geeft dus gemiddeld 2,5 HL poeder.

In het algemeen is één maatdeel kalkdeeg gelijk te stellen aan twee maatdeelen meelkalk, wanneer het deeg stijf en voldoende in den kuil bezonken is. Is het jonger, dus brijachtig, dan is 0,75 maatdeel gelijk aan 1 maatdeel meelkalk. Het nat blusschen met lang verblijf in den kuil is aan te bevelen.

• *Schelpkalk.*

Schelpkalk wordt door branden van schelpen verkregen en bevat tengevolge van de bijmengselen der schelpen na het branden ongeveer 5% cement, hetwelk aan de kalk een zwak hydraulisch karakter geeft.

Het gehalte aan cement of de hydrauliciteit kan vermeerderd worden tot hoogstens 15% door de schelpkalk zoo fijn mogelijk te malen.

De prijs van vette, ongebluschte steenkalk per wagon van 10 ton of 106 à 108 HL aan de ovens in België is gemiddeld f 45,—; van hydraulische of magere kalk gemiddeld f 40.—. De vracht naar Holland bedraagt per wagon gemiddeld f 30,—.

Prijzen per HL franco door geheel Nederland:	vóór den oorlog:	in 1919:
Vette steenkalk, ongebluscht	f 0,40—0,60	f 2,00—2,00
Hydraulische kalk „	- 0,40—0,60	- 2,20—2,40
Meelkalk (drooggebluschte kalk)	- 0,45—0,65	- 3,00—4,00
Stuifkalk (fijngezifte vette kalk voor stukadoorwerk), gebluscht	- 1,10—1,40	- 2,10—2,30
Hydraulische kalk, gebluscht	- 0,50—0,65	- 1,90—2,00
Schelpkalk „	- 0,50—0,60	

In Ned.-Indië zijn de prijzen 7 à 10 gld. den M³.

Keuring van gebluschte kalk.

Bij de keuring van kalk zal men zooveel mogelijk gemiddeld monster moeten nemen, omdat zooals reeds opgemerkt, de verschillende steenlagen zeer in samenstelling kunnen verschillen.

Drooggebluschte kalk moet goed droog zijn, daar vochtig kalkhydraat bederft.

Een afgewogen hoeveelheid wordt gezift door een zeef van 60 mazen per cM^2, het restant op de zeef mag bij steenkalk niet meer dan 20% en bij gewone schelpkalk niet meer dan 30% bedragen. Gemalen schelpkalk moet aan strengere eischen voldoen, bijv. bij zeef van 900 mazen niet meer dan 3%.

De *graad van hydrauliciteit* wordt onderzocht met de naaldproef. De kalk wordt met 32% van haar gewicht aan water tot een gelijkmatige brij gekneed en in een metalen bakje onder water gezet. Goede waterkalk bereikt bij gemiddeld 15° C., na drie etmalen onder water te zijn gebleven een zoodanige hardheid, dat zij een proefnaald van 1 mM^2 grondvlak met 300 gram belasting zonder meetbaren indruk kan dragen.

De kalk wordt verder *chemisch* gekeurd naar het gehalte werkzaam calciumhydroxyde en bij waterkalk ook naar het kiezelzuurgehalte.

Normale schelpkalk bevat bij een gehalte van 55—60% calciumhydroxyde hoogstens 20% koolzure kalk en hoogstens 15% zand en asch; goede schelpkalk bij 60—65% calciumhydroxyde hoogstens 15% koolzure kalk en 10% zand en asch.

Goede waterkalk bevat 30—45% calciumhydroxyde bij 12—18% kiezelzuur.

Gips.

Men heeft twee gipssoorten, die verkregen worden door:

1. gipssteen te branden door langzame verhitting tot een temperatuur van ongeveer 130° (snelbindend gips voor gipsafgietsels, stucadoorwerk, verbanden, enz. mede ook stückgips genoemd).

2. gipssteen te branden tot roodgloeihitte, waarmede een gipssoort verkregen wordt, die bestand is tegen vocht en weersinvloeden, maar langeren tijd noodig heeft om te binden, doch veel harder wordt. Deze soort bezigt men voor beton en voor afpleisteren en afwerken van vloeren (Estrichgips).

Prijs per 1000 KG vóór den oorlog f 14,50 tot f 18,— (Belgische gips).

Het verhardingsproces van gips wordt het best verkregen bij een verhouding van 100 dl. gips bij 60 dl water; toevoeging van Arabische gom, lijnzaadslijm, enz. vertraagt het proces, zouten. zooals aluin en keukenzout, bevorderen het.

Keuring van gips.

Fijnte van korrel. Bij zifting door een zeef van 900 mazen per cM^2 mag niet meer dan 10% achterblijven.

Tijd van binding. Deze wordt evenals bij het portlandcement bepaald met de naaldproef en hangt van de bij het branden der grondstof aangewende warmte af.

Trekvastheid moet voor enkel gips met 50% water aangemaakt 12 KG per cM^2 en voor een mengsel van 3 maatdeelen gips en 4 deelen stuifkalk ongeveer 6 KG per cM^2 bedragen.

Chamotte.

Chamotte is een mengsel van 1 dl. vuurvaste klei en 2 dl. gebrande klei met water.

Bindmiddelen voor mortels.

De bindmiddelen voor mortels bestaan hoofdzakelijk uit *kalkhydraat* d. i. gebluschte kalk ($Ca(OH)_2$), hetwelk door opnemen van koolzuur verhardt of uit *cement*, bestaande uit een samenstelling van kiezelzuuraluinaarde, ijzeroxyde en kalk, hetwelk door de inwerking van water verhardt. Zij kunnen ook uit beide hoofdbestanddeelen bestaan. Naarmate het bindmiddel meer of minder in water verhardt, noemt men het meer of minder hydraulisch.

De hydrauliciteit wordt voornamelijk verkregen door verbindingen van kiezelzuur met kalk, welke de verharding onder water mogelijk maken; verder zijn hydraulische factoren aluminiumoxyde en ijzeroxyde.

Volgens E. Leduc is de index voor hydrauliciteit

$$\frac{SiO_2 \text{ (gecombineerd)} + Al_2O_3}{CaO + MgO}$$

in welke formule het Fe_2O_3 met opzet is weggelaten.

Magnesium wordt in het algemeen bij te groote hoeveelheid schadelijk geacht.

Deze hydraule verbindingen ontstaan door het branden van de beide grondstoffen, waardoor tevens het kiezelzuur in zoutzuur oplosbaar wordt. Een bindmiddel is daarom meer hydraulisch, hoe meer oplosbaar kiezelzuur het bevat.

Het zand houdt zich chemisch geheel onzijdig en vervult alleen mechanisch een gewichtige rol. Proeven van Prof. *Germer* te Stettin hebben geleerd, dat zand van verschillende korrelgrootte grof en fijn dooreen, de beste mortels geeft.

Tras.

Tras is gemalen tufsteen, welke een groot percentage oplosbaar kiezelzuur bevat, doch haast geen kalk. Gemengd met kalkhydraat vormt het dus een goed cement. De samenstelling is ongeveer de volgende:

kiezelzuur SiO_2	49 —60 %
aluminiumoxyde Al_2O_3	18 —20 „
ijzeroxyde FeO en Fe_2O_3	4 —12 „
kalk CaO	1,24— 2,4 „
magnesia MgO	1,31— 2,4 „
kali K_2O	0,37— 4,17 „
natron Na_2O	1,9 — 3,70 „

Het ruimtegewicht van verschillende trassoorten (door volumemeting en weging van den tufsteen) varieert van 1,26 tot 1,47 en het s.gew. van 2,36 tot 2,59 (verkregen uit volumemeting en weging van gemalen handelstras).

De in ons land ingevoerde tras is voornamelijk Duitsche tras (tufsteen in de omgeving van Andernach, Brohl, enz.).

Op Java wordt goede tras verkregen in Japara (Moeriah) en in Soerabaya (Ardjoeno) terwijl tufsteen in Indië overal vrij algemeen in meer of mindere mate zuiver voorkomt.

Prijs van Brohler tras per wagon van 10 ton te Brohl vóór den oorlog f 42,—
Idem „ Plaidter „ „ „ „ 10 „ „ Plaidt „ „ „ - 52,—
in 1919 franco station Plaidt of Kruft f 155 per 10 ton of f 21,50 per ton franco schip Rotterdam.

Schelpkalktrasmeel van de fabriek v. d. Wallen te Brielle is een tot de uiterste fijnte dooreengemalen mengsel van 4 maatdeelen schelpkalk en 5 tras en laat op een zeef van 5000 mazen slechts enkele procenten achter.

Keuring van tras.

Bezinkproef. Met water geschud, moet het tras spoedig bezinken en mag er niets op de oppervlakte blijven drijven.

Fijnte van korrel. Op een zeef van 900 mazen per cM^2 mag niet meer dan 30% achterblijven.

Gloeiproef. Na droging in een ruimte met een temperatuur van 100° C. wordt het tras gewogen en daarna gedurende 40 minuten gegloeid in een vuurvaste, gedekte pan. Bij de tweede weging mag het tras geen minder gloeiverlies dan 7½% aanwijzen.

Bindtijd. Twee gewichtsdeelen tras, 1 gew. deel vette steenkalk en 1 gew. deel water worden tot een gelijkmatige brij gekneed, in een bakje vast aangeslagen en onder water van ongeveer 15° C. gezet. Na twee etmalen mag de mortel geen vormverandering hebben ondergaan, moet volkomen glad zijn gebleven en zonder meetbaren indruk een proefnaald van 1 mM^2 grondvlak bij 300 gram belasting kunnen dragen.

Vastheid. Een mortel, bestaande uit 2 gew. deelen tras, 1 deel drooggebluschte vette steenkalk en 3 gew. deelen normaalzand, moet, na een verblijf van 24 uren in een tegen tocht en zonnestralen beschutte en met waterdamp verzadigde lucht, onder water van 15° C. worden gezet. Na een verblijf van 13 en 27 dagen onder water, moet de trekvastheid 8 en 12 KG en de drukvastheid 40 en 60 KG per cM^2 bedragen.

Portlandcement.

Portlandcement is een fijngemalen, tot sinterens toe gebrand innig mengsel van kalk- en leemhoudende materialen in kunstmatig bepaalde verhouding.

Het wordt geleverd in zakken van 50 KG bruto, desverkiezend ook in zakken van 70 KG netto en in vaten van 180 KG bruto, zijnde ongeveer 170 KG netto gewicht. Daar het ruimtegewicht van verschillende cementsoorten in verschillenden

toestand verschilt, kan geen bepaald volume voor een zak of vat worden opgegeven. Voor het los ingeloopen litergewicht kan men 1,200 KG aannemen tegen 1,800 KG voor het ingestampte litergewicht. Neemt men voor het litergewicht in het vat of den zak 1,400 KG aan, dan wordt 1 vat van 170 KG netto ongeveer 0,120 M^3 en 1 zak van 50 KG ongeveer 0,0357 M^3 en 1 zak van 70 KG ongeveer 0,050 M^3.

Heeft men dus zakken van 70KG, dan behoeft men bij het bereiden van den mortel het cement niet uit te meten, want twee zakken van 70 KG zijn gelijk aan 1 HL. Afwijkingen van 2% in gewicht moeten worden toegelaten.

Bij levering in zakken wordt de prijs berekend per 100 KG exclusief den zak.

De samenstelling van portlandcement is ongeveer:

kalk CaO	58—66	%
kiezelzuur SiO_2	20—26	„
ijzeroxyde Fe_2O_3	2,2—5,5	„
aluminiumoxyde Al_2O_3	4—10	„
magnesia MgO	0— 3	„

De verhouding der grondstoffen in het portlandcement is rond 70—75% kalk en 30—25% klei. Volgens de Duitsche normen (1910) mag het portlandcement niet minder dan 1,7 gewichtsdeelen CaO op 1 gew. deel $SiO_2 + Al_2O_3 + F_2O_3$ bevatten, terwijl het magnesiagehalte ten hoogste 5% en het gehalte aan zwavelzuuranhydride niet meer dan 2½% in het gegloeide cement mag bedragen. Om het portlandcement langzaam bindend te maken, wordt bij het malen ruwe gips toegevoegd. Toeslagen voor bijzondere doeleinden bepaaldelijk voor de regeling van den bindtijd mogen niet meer dan 3% bedragen.

De prijzen worden geregeld door het syndikaat (enkelen uitgezonderd) en waren in 1910 franco plaats in Nederland:

per 1000 KG f 18,— tot f 22,—; per vat f 5,25 tot f 5,50; per zak f 1,30 tot f 1,35. In Jan. 1920 was de prijs belangrijk hooger en bedroeg f 675,— per ton voor Belgisch cement franco schip te Rotterdam; de zakken worden daarbij tegen f 1.— per stuk in rekening gebracht. In kleinere partijen is de prijs f 70,— f 85,— per 100 KG.

In Ned.-Indië kostte een vat cement ongeveer f 5,— met het transport naar het binnenland f 7,50, in 1919 ongeveer f 13,— per vat.

Keuring van portlandcement:

(Zie hiervoor ook de Duitsche Normen (1910) en de Betonijzer (gewapend beton) voorschriften van het Kon. Inst. v. Ing.).

Gewicht. Na gloeiing onder afsluiting van de buitenlucht tot helrood-gloeihitte mag het soortelijk gewicht van het cement niet minder bedragen dan 3,10. Het cijfer kan van belang zijn voor de beoordeeling van de wijze van branden. Is het cement in den oven gesmolten geweest, dan vindt men een hoog soortelijk gewicht tot boven 3,2; bij onvoldoende branding is het s.g. laag. Het vooraf uitgloeien dient om het koolzuur en de vocht te verdrijven, die het cement bij bewaring heeft opgenomen.

Fijnte van korrel. Het cement moet zoo fijn gemalen zijn, dat bij het ziften op een zeef met 900 mazen per cM^2 en een draaddikte van 0,1 mM niet meer dan 5% en daarna op een zeef van 4900 mazen per cM^2 en een draaddikte van 0,05 mM niet meer dan 30% in gewichtsdeelen berekend achterblijft.

Tijd van binding. Volgens de Duitsche voorschriften (1910) zal het begin der verharding van normaalbindend cement niet korter dan één uur, na aanmaak tot een brij, mogen intreden. Langzaam bindend zijn die cementen, welke na aanmaak eerst na twee uren of langer verharden, of beginnen te binden. Het einde der binding moet bij de cementen bij een temperatuur van 15 à 18° C. ten minste twee uur na het begin van binding plaats hebben. Het oogenblik, dat een met 300 gram belaste, glad gepolijste naald van 1 mM^2 grondvlak en doorsnede niet meer geheel door de brij heendringt, duidt het begin en dat, waarop de naald geen meetbaren indruk achterlaat, het einde der binding aan. De te bezigen cementbrij moet bestaan uit een mengsel van cement met 27—30% water van zoodanige lijvigheid, dat, indien een met 300 gram belaste, glad gepolijste proefnaald van 10 mM middellijn voorzichtig op de brij, waarmede een van boven glad afgestreken metalen doos van 4 cM hoogte, 8cM middellijn aan den bodem en 9 cM aan de opening gevuld is, wordt neergelaten, zij daarin tot op 6 mM afstand van den bodem doorzakt.

De tijdmeting geschiedt vanaf het oogenblik, waarop het water voor den aanmaak der brij aan het cement wordt toegevoegd.

Hoewel in de nieuwe normen niet meer opgenomen, is het goed ook de temperatuursverhooging gedurende den bindtijd na te gaan. Zij moet liefst onder de 5° C. blijven en niet plotseling geschieden.

Volumebestendigheid of onderzoek op de volumeverandering tengevolge van het werken van het cement, niet te verwarren met de natuurlijke vormverandering tengevolge van het uitdrogen of overmatig watergebruik. Een op een glazen plaat uitgestreken, ronde cementkoek met 10 à 15 cM middellijn en 15 à 20 mM dikte, doch aan de randen dun uitloopend en samengesteld uit brij van de normale lijvigheid, na 24 uur, tegen uitdroging beschut, bij een temperatuur van 15 à 18° C. aan de lucht te zijn blootgesteld en daarna onder water van 15 à 18° C. geplaatst, mag ook na vier weken geen randscheuren, opgebogen randen of andere op „werken" duidende verschijnselen vertoonen. Kan men geen maand wachten, dan is de *kookproef* toe te passen. Deze bestaat hierin, dat men den cementkoek 24 uur na het aanmaken op een glasplaat in vertikalen stand in koud water plaatst, dit langzaam verhit en 5 tot 6 uren lang laat doorkoken. Is het cement dan nog hard, vlak en scheurvrij, dan is het onschadelijk; weerstaat het deze proef niet, dan is het niet beslist af te keuren, maar raadzaam het alleen bij magere wortels te gebruiken.

Bij het maken van den cementkoek moet men door afdekking na het begin van binding met een natten doek het vormen van krimpscheuren voorkomen.

Een andere in Frankrijk en Engeland verplichtend gestelde proef is de ringproef van Le Chatelier.

Vastheid. Een mortel, samengesteld uit één gewichtsdeel cement en drie gew. deelen (Duitsch normaal) zand, aangemengd met zooveel water, dat de mortel, wat den vochtigheidstoestand aangaat, in aanzien overeenkomt met vochtige aarde, moet na 24 uur, tegen uitdroging beschut, bij een temperatuur van 15 à 18° C. aan de vochtige lucht te zijn blootgesteld, en daarna gedurende *zes* dagen onder water van 15 à 18° C. geplaatst,een trekvastheid van tenminste 12 KG en een drukvastheid van ten minste 120 KG per cM² bezitten. Deze drukvastheid moet voor waterbouwkundige werken in eenzelfde geval, doch nadat de mortel 27 dagen onder water is geplaatst, minstens 200 KG per cM² bedragen. Bij langzaambindende cementen is de vastheid na 28 dagen in het algemeen geringer dan de hierboven medegedeelde en moet daarbij de bindtijd worden vermeld; om het uiterste bindvermogen te bepalen, is het goed ook nog proeven met grooteren zandtoeslag te nemen.

Als trekvastheid geldt het gemiddelde uit tien proeven, als drukvastheid het gemiddelde uit vijf proeven. De trekvastheidsproeven moeten geschieden met achtvormige proefstukken, waarvan de kleinste doorsnede ten minste 5 cM² bedraagt. De proefstukken moeten worden vervaardigd in metalen vormen, welke geplaatst worden op een niet afzuigende onderlaag en machinaal worden aangeklopt met 150 slagen van een hamer van 2 KG bij 20 cM valhoogte, terwijl daarna de overtollige mortel van de vormen wordt afgestreken. De breukgewichten worden bepaald door middel van een doelmatig ingericht druktoestel, waarbij de belasting toename 5 KG per secunde bedraagt.

De drukproeven geschieden met kubussen met zijvlakken van 50 cM² en machinaal gemaakt op de wijze, als hierboven voor de trekvastheidproefstukken is beschreven, echter met deze wijziging, dat het gewicht van den hamer 3 KG en de valhoogte 50 cM moet bedragen. De breukgewichten worden bepaald door middel van een doelmatig ingericht druktoestel, waarbij de belastingtoename 5 tot 10 KG per secunde bedraagt.

De trekvastheid der mortel op bovengenoemde wijze bereid, moet na 28 dagen verharding minstens 10% en de drukvastheid na 28 dagen verharding ten minste 25% meer bedragen dan de trek- en drukvastheden na 7 dagen verharding.

De gemiddelde vastheidcijfers der Duitsche cementen waren volgens het Kön. Material Prüfungsambt te Lichterfelde (Berlijn) 1e Heft 1914.

gem. soort. gew. in gegloeiden toestand	3,21
gemiddeld verlies	2,77%
maalfijnheid	15,4% restant op zeef van 5000 mazen
drukvastheid na 7 dagen onder water	212 KG/cM²
„ 28 dagen „ „	311 „

In den laatsten tijd is men van gevoelen, dat de drukvastheid betrouwbaarder maatstaf is dan de trekvastheid.

Natuurcement.

Natuurcement wordt verkregen door het branden en fijnmalen van in de natuur

gevonden mergelsoorten, welke een natuurlijke verhouding van kalk en leem bezitten. Hoewel deze cementen goed kunnen zijn, is hun samenstelling niet zoo zuiver en niet zoo constant als bij het kunstmatig vervaardigde portlandcement.

Puzzolaancementen.

Verschillende vulcanische steensoorten (lava, tuf, enz.) welke plotseling afgekoeld zijn, hebben de eigenschap zich met gebluschte vette kalk en water te verharden, evenals cement (trasmortels). Dezelfde eigenschap bezitten de ijzerhoogovenslakken, welke gloeiend afgekoeld in water een produkt geven, dat gedroogd en fijngemalen (*slakkenmeel*) vermengd wordt met gebl. vette kalk of met kalksteen (*slakkencement*). Wordt het slakkenmeel met kalk en water tot een deeg gekneed en tot steenen verhard, welke worden gebroken, gebrand en gemalen, dan krijgt men het z.g. *ijzer-portlandcement*.

Middelen voor het waterdicht maken van cementmortels.

„*Biber*"*cement*, een soort asphalt-teerprodukt, dat aan de cementzandmortel wordt toegevoegd in een verhouding van 1 gew. deel Biber op 15 à 30 gew. deelen portlandcement van de mortel. Prijs per vat van ± 250 KG f 0,55 per KG.

„*Ceresit*" is een reukeloos en kleurloos produkt, dat aan de cementzandmortel wordt toegevoegd in de verhouding van 2½ KG ceresit op 50 KG cement. De prijs is per 5 KG f 8.

Lux-Sterncement van de fabriek Stern bij Stettin is met speciale stof gemaald portlandcement, dat bij meerdere toevoeging van zand de mortel reeds waterdicht maakt. Zoo kan 1 Lux-cement op 6 zand reeds de mortel 1 PC 3 zand met voordeel vervangen.

Magnesiumverbindingen.

Het magnesium wordt als mineraal hoofdzakelijk in den vorm van enkel- en dubbelsilikaten aangetroffen (serpentijn, magnesiet, dolomiet, enz.)

Het koolzure magnesium of magnesiet (ook magnesietspaat of talkspaat genoemd geeft na gloeiing de gebrande magnesia (MgO) gelijk bij kalk. Het magnesiet komt in de natuur voor in den vorm van heldere kristallen en voornamelijk in dicht kristallijne rotsmassa's (eiland Euboa, Korinthe (Gr.) Stiermarken, Hongarije en Silezië).

De gebrande magnesia is een sterk hydraulisch en vuurvast bindmiddel. Met kalk en chloormagnesium vormt de magnesia sterke verbindingen, welke bij de kunststeenfabricage worden gebezigd, w. o.:

a. het *magnesiakalkcement* gevormd uit een mengsel van gebr. magnesia en koolzure kalk (krijt), dat ook wordt verkregen door het branden van dolomietgesteente (witte cement, dolomietcement, medinacement).

b. Verder heeft men verbindingen van gebr. magnesia of gebluschte kalk met waterglas en chloormagnesium, waarmede brandvrije kunststeenen worden verkregen.

c. Verbindingen van gebr. magnesia en chloormagnesiumoplossingen (bijv. Sorelcement is een 30%-ige chloormagnesiumoplossing met magnesia), gemengd met vulstoffen als kwartsmeel, glasmeel, kurkmeel, kiezelguhr, kalksteen, leigruis, enz. waarmede bouw-, vormsteenen, platen en naadlooze vloeren worden verkregen. De uit MgO en $MgCl_2$ gevormde Mg_2OCl_2 is van groote vastheid en hardheid en vereenigt zich met groote hoeveelheden vulstof. Op de markt vindt men de volgende producten: magnesietsteenen, albolith- of witsteen, cajalith, marmorit, carrarit, magnesia-asphaltkunststeen, magnesiaplaten, xylolith of steenhout, enz.

Hout.

Litteratuur.

J. A. van der Kloes. Onze Bouwmaterialen, 2e druk.
idem „Handleiding voor den Timmerman", derde druk. 1909.
idem „Handleiding voor den wagenmaker".
J. A. Loebèr Jr. Bamboe in Ned. Indië. Bulletin no. 43 van het Koloniaal Museum te Haarlem.
Surinaamsche houtsoorten. Ind. Mercuur, 10 Jan. 1891
Verh. Kon. Inst. v. Ing. 1848 bldz. 17.
Djatihout. De Ingenieur 1902, bldz. 387.
F. W. van Eeden, J. J. Duyfjes. Houtsoorten van Ned. Oost-Indië. Beschrijvende Catalogus van het Koloniaal Museum te Haarlem. De Erven Loosjes, 1906.
H. N. Ridley. De Maleische Timmerhoutsoorten. Bulletin Kol. Mus. te Haarlem, no. 27.
G. A. Blits. De anatomische Bouw der Oost-Indische ijzerhoutsoorten. Bulletin v. h. Kon. Mus. te Haarlem no. 19 (1898).
H. J. Kerbert. Een bijdrage tot de kennis der Preangerbosschen. Tectona 1915. Afl. 4.
C. Kruis. De Houthandelaar. Js. Bootsma, Den Haag 1913.
G. J. Stam. Het hout. Deventer. Æ. E. Kluwer.
J. Marchet. Holzproduktion und Holzhandel von Europa, Afrika und Nord-Amerika, Weenen, 1904—1905.
A. Mathey. Traité d'exploration commerciale des bois. Parijs 1906.
J. Hoffman. Het hout als handelswaar. 1910.
A. H. Berkhout. Het hout als bouwmateriaal. 1905.
J. Wiesner. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 2 dln. 2. Aufl. 1900—'03—. W. Engelmann, Leipzig.
Gustav Lang. Das Holz als Baustoff. 1915.

Handelsmaten van hout.

Groote hoeveelheden buitenlandsch hout worden gemeten in Standards:
1 Eng. Standard = 165 kub. Eng. voet, overeenkomende met 4,672 M^3

Het uit het Noorden komende naaldhout wordt gemeten volgens den *St. Petersburger Standard*, zijnde een hoeveelheid van 1440 loopende of strekkende Engelsche voeten hout van 11 × 1½ Eng. duim doorsnede of van 1551 Amsterdamsche voeten van 11 × × 1½ Eng. duim doorsnede. De Russische handelshuizen stellen in den regel de afmetingen in Engelsche maat vast; de Zweedsche doen het ook in Amsterdamsche maat. Men rekent in de practijk gewoonlijk:

13 voet Engelsch = 14 voet Amsterdamsch.

Om het aantal voeten hout van een St. Petersb. Standard voor andere doorsnede-afmetingen te herleiden, dient volgende tabel, waarbij de *dikte in* 1 *duim* is aangenomen bij verschillende breedte. Voor hout van meerdere dikte (b.v. 2 dm.) is het opgegeven aantal voeten door dit getal (2) te deelen.

Breedte in Eng. duimen bij een dikte van 1 duim.	Aantal strekkende voeten in 1 Petersburger Standard.		
	Engelsche	Amsterdamsche	Metrieke (= ¹/₃ Meter).
1	23 760	25 588	21 726
1¼	19 008	20 470	17 381
1½	15 840	17 058	14 484
2	11 880	12 794	10 863
2½	9 504	10 235	8 690
3	7 920	8 520	7 242

Breedte in Eng. duimen bij een dikte van 1 duim	Aantal strekkende voeten in Petersburger Standard.		
	Engelsche	Amsterdamsche	Metrieke (= 1/3 Meter).
3½	6 789	7 311	6 208
4	5 940	6 397	5 432
4½	5 280	5 686	4 828
5	4 752	5 118	4 345
5½	4 320	4 652	3 950
6	3 960	4 265	3 621
6½	3 655	3 936	3 342
7	3 394	3 655	3 103
8	2 970	3 198	2 716
9	2 640	2 843	2 414
10	2 376	2 559	2 173
11	2 160	2 326	1 975

Bij het meten volgens Standards houdt men slechts rekening met de *nominale* dikte van het hout, dus ongeschaafd, enz.; de werkelijke inhoud van het geschaafde hout is dus steeds geringer dan 165 kub. Eng. voet en wel van het geschaafde hout van kleine afmeting weder geringer dan die van het geschaafde hout van grootere afmeting. Daar het gewoonte is in den handel het aantal voeten in 1 M^3 hout te stellen op $\frac{1}{4,672}$ van het aantal in een Petersb. Standard, dient men dus bij bestelling per M^3 op deze verschillen te letten.

In den kleinhandel worden de courante houtwaren nog volgens de Amsterdamsche maat berekend; zware stukken, als zaagbalken en onbeslagen stammen per M^3. De handel in iepen en esschen geschiedt niet zelden nog in riemduim (11 kub. Amst. duim). Het ronde hout gaat per stuk.

In het *boschbedrijf* spreekt men ook van

Festmeter (kubiek meter massief hout) = F. m.

Board-feet (B. F.) of vierkante voet ter dikte van een duim.

1 F. m. = 440 B. F.

De hieronder volgende opgaven in duimen (″) geven de houtmaat in handelsmaat of Amsterdamsche duim; die in mM of cM geven de werkende of blijvende maat.

Handelsmaten van het in den handel voorkomend naaldhout.

Geschaafde en geploegde delen.

a. Buitenslands geschaafd en geploegd.

	5/4 × 8″	of 28 × 190 mM	gemiddelde lengte 4,80 M
	5/4 × 7	„ 28 × 165 „	
	5/4 × 6	„ 28 × 140 „	
	1 × 8	„ 22 × 190 „	
	1 × 7	„ 22 × 165 „	
	1 × 6	„ 22 × 140 „	
	¾ × 8	„ 15 × 190 „	
	¾ × 7	„ 15 × 165 „	
	¾ × 6	„ 15 × 140 „	
met kraal	1 × 5″	of 22 × 115 mM	gemiddelde lengte 4,50 M
	1 × 4½	„ 22 × 103 „	
	¾ × 5	„ 15 × 115 „	
	¾ × 4½	„ 15 × 103 „	

plinten, geschaafd en gestreken ⅝ × 5″ of 15 × 120 mM.

b. Binnenslands geschaafd en geploegd, worden geleverd in veel grooter aantal breedten en wel van

9″ of 215 mM	5½″ of 128 mM
8 „ 190 „	5 „ 115 „
7 „ 165 „	4½ „ 103 „
6½ „ 153 „	4 „ 90 „
6 „ 140 „	

met kraal: 5″ of 115 mM
4½ „ 103 „
4 „ 90 „

De plinten gelijk de buitenlandsche.

Bovendien worden zij geleverd in grooter aantal dikten en wel

5/4″ of 30 mM en 28 mM	¾″ of 15 mM
1 „ 25 „ „ 22 „	½ „ 10 „

Binten van bezaagd vurenhout; minstens 10/20 cM worden meest op bestelling gezaagd in verschillende afmetingen. Gebruikelijke courante maat is 4 × 10″ of 10,3 × 25,7 cM.

Ribhout van gezaagd vuren- en grenenhout:

Courante maten zijn: (met gekloofd hart)

Maten	Lengten
4 × 6″ of 10 × 15 cM 4 × 5 „ 10 × 12^5 „ 4 × 4 „ 10 × 10 „	lengten 4,00—4,50—5,10—5,60—6,20—6,80 M.
3 × 6 „ 7^5 × 15 „ 3 × 5 „ 7^5 × 12^5 „ 3 × 4½ „ 7^5 × 11^5 „ 3 × 4 „ 7^5 × 10 „ 3 × 3 „ 7^5 × 7^5 „	lengten 4,00—4,20—4.50—4,80—5,10—5,40—5,60—6.00—6,20—6,50—6,80—7,10 M.
5 × 5 „ 12^5 × 12^5 „ 5 × 6 „ 12^5 × 15 „ 5 × 7 „ 12^5 × 17^5 „	lengten 4,00—4,50—5,10—5,60—6,10—6,80 M.
6 × 6 „ 15 × 15 „ 6 × 7 „ 15 × 17^5 „	lengten 4,00—4,50—5,10—5,60—6,20—6,80 M.

Platen van gezaagd vurenhout in lengten van
4,00 — 4,20 — 4,50 — 4,80 — 5,10 — 5,60 — 6,00 — 6,20 — 6,50 — 6,80 — 7,10 M.

Courante maten:

3 × 11″ of 8 × 28 cM	3 × 8″ of 8 × 20 cM.
3 × 10″ „ 8 × 26 „	3 × 7″ „ 8 × 18 „
3 × 9″ „ 8 × 23 „	3 × 6″ „ 8 × 15 „

Battings van bezaagd vurenhout in gelijke lengten als de platen en de volgende maten:

2½ × 8″ of 6^5 × 20^5 cM	
2½ × 7 „ 6^5 × 18 „	
2½ × 6½ „ 6^5 × 16^5 „	zeer courant, ook in grenenhout.
2½ × 6 „ 6^5 × 16^5 „	„ „ „ „ „
2½ × 5½ „ 6^5 × 15 „	
2½ × 5 „ 6^5 × 12^5 „	

Delen, gekantrechte van bezaagd vurenhout, in courante lengten van
4,00 — 4,20 — 4,50 — 4,80 — 5,10 — 5,40 — 5,60 — 6,00 — 6,20 — 6,80 — 7,10 M.
in dikten van 2 — 1¾ — 1½ — 1¼ — 1⅛ — 1 — ⅞ — ¾ — ⅝ — ½″
of van 5 — 4 — 3,7 — 3 — 2,8 — 2,5 — 2,2 — 1,8 — 1,5 — 1,2 cM
en in breedten van 11 — 10 — 9 — 8 — 7 — 6 — 5½ — 5 — 4½ — 4″
of 28 — 26 — 23 — 20 — 18 — 15 — 14 — 12½ — 11½ — 10 cM

Ongekantrechte delen ook in grenenhout in lengten van
4,00 — 4,50 — 5,10 — 5,60 — 6,20 — 6,80 M
en in dikten van 1,2 — 1,8 — 2,5 — 3 — 3,5 — 4 — 4,5 — 5 — 6 cM.

Sneedelen in lengten van
4,00 — 4,20 — 4,50 — 4,80 — 5,10 — 5,40 — 5,60 — 6,00 — 6.20 — 6,50 — 6,80 — 7,10 M
en in dikte van 4 cM en breedten van 18 — 20 — 23 — 26 — 28 cM.

Riggels in bezaagd vuren- en grenenhout in courante lengten van
4,00 — 4,20 — 4,50 — 4,80 — 5,10 — 5,40 — 5,60 — 6,00 — 6,20 — 6,50 — 6,80 — 7,10 M.

Courante maten zijn:

1½ × 2″ of 3,5 × 5 cM	2 × 2½″ of 5 × 6 cM
1½ × 2½″ „ 3,5 × 6 „	2 × 3″ „ 5 × 7,5 „
1½ × 3″ „ 3,5 × 7,5 „	2½ × 2½″ „ 6 × 6 „
2 × 2″ „ 3,5 × 5 „	2½ × 3″ „ 6 × 7,5 „

Schroten van bezaagd vurenhout in gelijke lengten als de riggels met de volgende courante maten:

¾ × 3″ of 1,8 × 7,5 cM (12 stuks per bos)
¾ × 4″ „ 1,8 × 10 „ id.
¾ × 5″ „ 1,8 × 12,5 „ id.
1 × 3″ „ 2,5 × 7,5 „
1 × 4″ „ 2,5 × 10 „
1 × 5″ „ 2,5 × 12,5 „
1 × 6″ „ 2,5 × 15 „

Tengels. Courante lengten gelijk bij de riggels en schroten; de andere courante maten zijn:

¾ × 2″ of 1,8 × 5 cM (12 stuks per bos)
¾ × 2½″ „ 1,8 × 6 „ id.
½ × 2″ „ 1,2 × 5 „
½ × 2½″ „ 1,2 × 6 „
½ × 3″ „ 1,2 × 7⁵ „
daktengels ³/₈ × 2″ „ 1 × 5 „ (12 stuks per bos).

Latten. Courante lengten zijn 4,00 — 4,50 — 5,10 — 5,60 — 6,20 — 6,80 M.
Courante maten:

enkele latten	1 × 1½″ of 2,5 × 3,5 cM	(10 stuks per bos)
dubbele „	1 × 2″ „ 2,5 × 5 „	id.
„ „	1½ × 2″ of 3,5 × 5 „	(6 stuks per bos)
ruiflatten	1½ × 1½″ „ 3,5 × 3,5 „	id.
rinkellatten / pleisterlatten	³/₈ × 1¼″ „ 1 × 2,8 „	(24 stuks per bos)
	³/₈ × 1″ „ 1 × 2,5 „	(50 en 52 stuks per bos)
	³/₈ × ⁷/₈″ „ 1 × 2,2 „	id.

Rond en beslagen hout.

Sparren. Top zeer dun; van ondereind tot top rond.
Lengten: 5,60 — 6,20 — 6,80 — 7,40 — 8,00 — 8,50 — 10,20 — 11,30 M.
Juffers. Zwaarder dan sparren. Ondereind beslagen.
Lengten: 4,20 — 5,10 — 5,60 — 6,20 — 6,80 — 7,40 — 8,00 — 8,50 — 9,00 §) — 9,60§) — 10,20 — 10,80§) — 11,30 M.
Kolders. Zwaarder dan juffers; top minstens 10 cM; ondereind beslagen.
Lengten: 3,40 — 4,00 — 4,50 — 5,10 — 5,60 M.
Ellens. Zwaarder dan kolders; over 2 zijden geheel beslagen; over de andere 2 zijden alleen aan het ondereinde, dat ongeveer ¹⁵/₂₀ cM zwaar is.
Lengten: 4,00 — 4,50 — 5,10 — 5,60 — 6,20 — 6,80 — 7,40 — 8,00 — 8,50 M.
§) Minder courant.

Handelsprijzen van naaldhout.

De hieronder volgende voor ons land geldende prijzen van het hout zijn van vóór den oorlog; sinds en na dien tijd zijn zij zeer aan verandering onderhevig en tegenwoordig (1920) twee à driemaal zoo hoog. Per M³ kan men nu rekenen voor dennen ± f 105,—, voor vuren ± f 120,— en voor grenen ± f 150,—.

De prijzen zijn voor de kleinere afmetingen in voeten of meters uitgedrukt, die van de zware afmetingen, in voeten of M³ uitgedrukt, zijn afgeleid uit den prijs per standard.

De houtprijzen worden in Amerika opgegeven in 1000 voet „board-measure" (plankenmaat) d.w.z. per 1000 vierkanten voet plank dik 1 inch, gelijkstaande met ongeveer 2,4 M³.

30 dollar per 1000 feet B. M. komt dus overeen met ongeveer f 30 per M³.

Mast-, stelling- en steigerhout.

Grenen masten in lengten van 30 tot 90 voet (8,50—25,50 M) en dikten van 11—22 duim (28—56 cM), prijs per Meter van f 3,— à f 10,—.

Vuren spieren in lengten van 30 tot 60 voet (8,50—17 M) en dikten van 5 tot 7 duim (13—18 cM), prijs per Meter van f 0,45 tot f 0,65.

Sparren (Nerva) in lengten van 15 tot 44 voet (4,25 tot 12,45 M), prijzen f 0,115 tot f 0,285 per Meter of f 0,50 tot f 3,50 per stuk. Inlandsche dennen sparren lang 5 tot 8 M tot 50 cM omtrek kosten resp. f 0,45 tot f 1,25 het stuk.

Juffers in lengten van 15 tot 40 voet (4,25 tot 11,30 M), prijzen f 0,15 tot f 0,36 per Meter of f 0,64 tot f 4,— per stuk.

Kolders en ellens in lengten van 16 tot 40 voet (4,50 tot 11,30 M) en dikten aan den top van 4 tot 5½ duim (10 tot 14 cM) prijzen f 0,24 tot f 0,70 per Meter of f 1,08 tot f 7,90 per stuk.

Inlandsche kortelingen lang 7 voet (2 Meter) en dik aan den top 2½—3 duim (6—7,5 cM) prijs per stuk f 0,12.

Noorsche idem prijs per stuk f 0,22.

Fundeeringhout.

Dennen heipalen: courant in lengten tot 16 Meter.

Inlandsche heipalen tot 80 cM omtrek aan den kop.

Omtrek op 1 Meter van den kop 65—70 cM, lengten van 10—14 Meter, prijs f 0,40—f 0,50 per Meter.

Idem op 1 M van den kop 71—78 cM, lengten van 10—16 Meter, prijs f 0,43—f 0,60 per Meter.

Idem op 1 M van den kop 79—85 cM, lengten van 10—20 Meter, prijs f 0,48—f 0,85 per Meter.

Idem op 1 M van den kop 86—90 cM, lengten van 15—20 Meter, prijs f 0,70—f 1,— per Meter.

Bezaagd of beslagen hout aan kespen, damwanden, enz.

Het arbeidsloon aan afschrijven, op maat zagen, verbinden, enz. van kespen, zwalpen, enz. is te begrooten op ± f 7,— den M^3.

Prijs van bezaagd dennen fundeeringhout (Schwarzwalder, Beiersch of Bosnisch) per M^3 f 28,— tot f 30,—.

Rijnsch dennen ribben en platen per M^3 f 28,— tot f 33,— (Zwaarten van 8 × 23 tot 8 × 28 cM per Meter f 0,55 tot f 0,67).

Dennenhouten damplanken f 38,— tot f 42,—.

Amerikaansch grenenhout in balken f 25,— tot f 30,— per M^3.

Idem bezaagd f 40,— tot f 60,— per M^3.

Bezaagd vurenhout f 31,— tot f 33,— per M^3.

Balkhout.

Grenenhout: Maximum zwaarte 40 × 50 cM.

Noorsche kapbalken (rond) in lengten van 25 tot 50 voet (7—14 M), zwaar in diameter, 9 à 12″ of 22,5 à 30 cM, prijs per M^3 f 20 à f 24.

Onega en Archangel zaagbalken, in lengten van 20 tot 50 voet (6—14 M), zwaar 9 × 10″ tot 12 × 14″ of 22,5 × 25 tot 30 × 35 cM, prijs per M^3 rond f 18 à 23; van ruim beslag f 23 à f 27.

Vurenhout: Maximum zwaarte 40 × 50 cM.

Behakte Noorsche balken in lengten van 25 tot 50 voet (7—14 M), zwaar 11 × 13″ of 28 × 33 cM, prijs per M^3 f 18 à f 22.

Amerik. Grenenhout: Uit Amerika aangevoerde bezaagde balken, zwaar 11 × 13″ tot 14 × 16″ (Pitch-pine en Oregon-pine) in lengten van 24 tot 60 voet, f 33 à f 42 den M^3. Op maat gezaagde binten f 50 à f 60 den M^3.

Rib- en plaathout.

De prijzen worden berekend per voet of Meter lengte der ribben of platen.

Grenenhout: De prijzen van Noorsch ribhout voor de afmetingen van 2 × 3″ of 5 × 7,5 cM tot 7 × 8″ of 18 × 20,5 cM, zijn van f 0,04 tot f 0,42 per voet of van f 0,15 tot f 1,48 per Meter.

Door elkaar is de prijs te begrooten op f 36 à f 40 per M^3 en van meskant bezaagde binten op f 42 à f 50 den M^3.

De prijzen van buitenslands gezaagde grenen platen voor de afmetingen van 2 × 5″ of 5 × 13 cM tot 3 × 11″ of 8 × 28 cM, zijn van f 0,06 tot 0,24 per voet of van f 0,21 tot f 0,84 per Meter.

Door elkaar is de prijs te stellen op f 32,50 à f 37,50 den M^3.

Eigengezaagde op het hart gekloofde Zweedsche grenen platen zijn duurder en te begrooten op ongeveer f 40 den M^3.

Vurenhout. De prijzen van vuren 1e soort Zweedsch en Noorsch ribhout voor de

afmetingen van 2 × 3 ′ of 5 × 7,5 cM tot 6 × 8 of 15,5 × 18 cM, zijn van f 0,035 tot f 0,29 per voet of van f 0,125 tot f 1,10 per Meter. Door elkaar is het ribhout te berekenen tegen f 33 à f 39 per M³.

Buitenslands gezaagde 1e soort vuren *platen* kosten voor de afmetingen van 2 × 5″ of 5 × 13 cM tot 3 × 11″ of 8 × 28 cM per voet van f 0,05 tot f 0,20 of per Meter van f 0,175 tot 0,70.

Gemiddeld is dit plaathout te berekenen tegen f 27,— à f 31,50 per M³.

Dennenhout. Rijnsch dennen platen zijn tot 30 voet lengte te berekenen tegen ± f 30,— den M³ voor zwaarten van 8 × 23 tot 8 × 28 cM; bij meerdere lengte ± f 40,— den M³.

Amerikaansch grenenhout. De prijs van Am. grenenplaten (pitch-pine) is gemiddeld f 60,— à f 75,— den M³.

Delen, riggels, schroten, latten, tengels, enz.

Grenenhout. Buitenslands gezaagde 1e soort delen in zwaarten van 1¼ × 9″ (3 × 23 cM) tot 2 × 11″ (5 × 28 cM) worden berekend tegen f 0,075 tot f 0,20 per voet of f 0,26 tot f 0,70 per Meter. Gemiddeld zijn de prijzen f 38,— à f 50,— den M³ of voor de 1¼″ delen f 1,15 per M².
1½″ ,, - 1,15 ,, ,,
2″ ,, - 2,50 ,, ,,

Ongekantrechte binnenslands gezaagde (zoogen. koperwijksche) delen kosten bij een gemiddelde breedte van 11 duim in dikten van ½″ tot 2″ (0,9 tot 4,7 cM) f 0,05 tot f 0,16 per voet of f 0,175 tot f 0,56 per Meter.

Eigengezaagde Zweedsche gladde grenen delen (onbekant) zijn te berekenen tegen ongeveer f 45,— per M³.

Vurenhout. Gekantrechte 1e soort vuren delen in afmetingen van ½ × 8″ (1,1 × 20 cM) tot 2 × 11″ (4,6 × 28 cM) en prijzen van f 0,03 tot f 0,14 per voet of van f 0,10 tot f 0,49 per Meter. Gemiddelde prijzen per M² zijn:

bij	dikte	van	½″	of	1,1	cM	f 0,48	per	M²
,,	,,	,,	¾″	,,	1,16	,,	- 0,55	,,	,,
,,	,,	,,	1″	,,	2,5	,,	- 0,85	,,	,,
,,	,,	,,	1¼″	,,	3	,,	- 1,25	,,	,,
,,	,,	,,	1½″	,,	3,5	,,	- 1,50	,,	,,
,,	,,	,,	1¾″	,,	4	,,	- 1,65	,,	,,

Ongekantrechte binnenslands gezaagde delen (zoogen. koperwijksche) hebben bij een gemiddelde breedte van 11 duim, en bij dikten van ½ tot 2″ (0,9 tot 4,7 cM) prijzen van f 0,16 tot f 0,47 per Meter of van f 0,045 tot f 0,135 per voet.

Eigengezaagde onbekante Zweedsche gladde vuren delen zijn te berekenen tegen ± f 38,— per M³.

Amerikaansch grenen (pitch-pine) delen van 1½ × 4″ tot 2 × 12″, prijs per voet f 0,06 tot f 0,31 of per Meter f 0,21 tot f 1,10.

Herkomst van het naaldhout.

Het dennen-, vuren- en grenenhout wordt door geheel Europa aangetroffen. Evenwel komt het beste dennenhout voornamelijk uit het Schwarzwald en het in ons land verhandelde grenen- en vurenhout hoofdzakelijk uit Rusland en Finland; Noorwegen en Zweden hebben tegenwoordig minder uitvoer van hout. Hadden vroeger Riga en Nerva een goeden naam als uitvoerhavens van hout, thans komen vandaar meest 2e en 3e soort. Uit Archangel en Onega komt nu grenen- en vurenhout, dat het Oostzeehout overtreft. Sundsvall in Zweden levert evenwel nog goed hout.

Boekowina, Roemenië en Bosnië brengen tegenwoordig ook meer vurenhout op de binnenlandsche markt. Het naaldhout van onzen bodem wordt verhandeld als rondhout voor hei- en perkoenpalen. Voor ruw werk en voor uitvoeringsmateriaal is het Rijnsche en vooral het Beijersche hout (sleepdelen) wegens zijn mindere rechtdradigheid te verkiezen, daarentegen duurder in prijs.

Amerika levert het Am. grenen (pitch-pine) en het Oregon pine (afkomstig van den Douglasden, een Pseudo-Tsuga soort).

Diverse meest gebruikelijke houtsoorten.

Eikenhout.

Het veelal voor binnenbetimmering, deuren, enz. voorgeschreven *Slavonisch eikenhout* is over het algemeen zachter en fijner van nerf dan het Rijnsch en Russisch

hout. Het is vierkant bezaagd, droog en kwastvrij in den handel in dikten van 8 tot 150 mM. Het echte Slavonische hout is schaarsch, daar de bosschen uitgeput zijn.

Het Russisch en Rijnsch eiken wordt uit blokken gezaagd, en is zelden geheel droog. Het inlandsch en Rijnsch eiken is veelal kwastig, het Russische grof en hard.

Het *Amerikaansch eikenhout* komt in goede kwaliteit voor, maar is minder duurzaam dan het Europeesche.

Het heeft tegenover het Europeesche een grooter splijtbaarheid en grovere jaarringen. Het Virginische eiken (van den steeneik) is bijzonder hard en houdt zich ook in water goed, waardoor het veel voor waterbouw wordt aangewend. Groote hardheid bezit ook de roode eik. (Nieuw Schotland) met licht roodbruin kernhout en dun en donker spint. Het meeste Amerikaansche eikenhout is wit eiken, dat aldaar overal aangetroffen wordt.

Het *Japansch eiken* komt voornamelijk uit Hakaido (N. Japan) en is zeer zacht, fijn van nerf, licht van kleur, soms met rossige tint. Het is zeer geschikt voor meubelen en binnenbetimmering. De lengte van het uitgevoerde hout is kort, nl. 2,5 tot 4,5M.

Azijnhout is een bizonder soort van eiken zonder jaarringen, met sterk gekromde en slingerende mergstralen; het is donkerder van kleur en zeer dicht en hard. Het wordt o. m. voor hamerstelen gebruikt.

Het *Spessarteiken* is bekend als het beste eiken van Duitschland. De beste soorten vindt men in Tothenbruch bij Rohrbrunn, ook in Metzgerschlag.

Paalhout. Beslagen eiken palen, in lengten van 8 tot 10 Meter zwaar 32—40 cM,

Bezaagd of beslagen hout aan kespen, damwanden, enz.

Bezaagd eikenhout vóór den oorlog per M³ f 100—130.
Beslagen ,, ,, ,, ,, ,, ,, - 65— 80.

Balkhout. Men heeft Weselsche eiken zaagbalken,
meskant beslagen Amerik. eiken balken en
met wankant ,, Rijnsch ,, ,,

Ribhout. Eiken ribhout heeft men in afmetingen van 3 × 7″ of 8 × 17 cM tot 6 × 6″ of 15,4 × 15,4 cM. Zij werden vóór den oorlog berekend tegen f 0,32 tot f 0,50 per voet, of f 1,10 tot f 1,70 per Meter. Per M³ waren de prijzen ongeveer f 80,— à f 120,—.

Eiken *platen* werden berekend in prijzen van f 50,— à f 85,— voor inlandsch en f 65 à f 120 per M³ voor Rijnsch eikenhout.

Eiken wagenschot vóór den oorlog per M³ f 90 à f 150,—.

Djati of teakhout.

Dit is het kernhout van den djatiboom (Tectona grandis), dat bij de oudere boomen bijna de geheele stamhoutmassa vormt. Buiten de kern ligt het geelwitte spinthout, dat voor het gebruik van geen waarde is. De vaak voorkomende kalkafscheiding in het hout moet aan sommige groeiplaatsen worden toegeschreven; deze afscheiding is dikwijls zoo groot, dat het hout voor timmerhout ongeschikt is.

Het hout bevat ook veel olie, maar geen looistof, zoodat ingeslagen spijkers niet roesten. Mits goed uitgedroogd, krimpt en scheurt het weinig.

Java-teak.

Men heeft de volgende variëteiten op Java:

Djati-Soenggoeh, de ware donkere kastanjebruine djati, gelijkmatig van bouw, uiterst vast en sterk, voor scheepsbouw, enz. gebezigd.

Djati minjak, veel donkerder en meer gevlekt of gestreept van kleur, vettig op het gevoel, voor timmerhout en meubelen.

Djati kapoer, broos, kalkhoudend, lichte kleur.

Djati doring, eenigszins gevlamde kleur, hard en deugdzaam, vooral voor meubelen. Bij droogte meer aan barsten onderhevig.

Djati doeri, stam met puntige knobbelvormige uitwassen.

Djati klong meerdere rondheid der uitwassen op den stam, bij insnijding een donker vocht gevende.

Djati daging oerang met geledingen aan den stam.

Djati veroe bruinachtig geel, glanzig.

Djati kembang naar den geur.

Alleen volkomen uitgedroogd kernhout van stammen, geveld tegen het meest krachtvolle levenstijdperk, is bestand tegen de witte mieren.

Het hout is *niet* bestand tegen paalworm.

Slecht uitgedroogd hout scheurt op de stapelplaatsen spoedig. De boomen moeten in den Oostmoesson geveld worden. Voor waterwerken, als het hout in vochtigen

grond komt te staan, is het beter het ringen achterwege te laten, het groene hout is daarvoor duurzamer.

Birmateak. ,,Moulmain'', oude, mooie teak, goudbruin met donkere strepen en middelmatig hard. ,,Rangoon'', lichtere kleur, grauwgeel en iets vaster dan Moulmain heeft men in balken van 30—50 cM doorsnede en 7—10 M lengte. Verder dekplanken.

Bangkokteak. Roodachtig bruin, poreuzer en brozer dan Moulmain. Prijs als Rangoon.

Teakhout wordt verder gebezigd als blokjes voor bestrating.

Mahoniehout.

Het werkelijke mahoniehout wordt geleverd door slechts twee verwante boomsoorten nl. Swietenia mahagoni Jacq. en Swietenia macrophilta King in tropisch Amerika voorkomende. Al het andere is meubelmakershout, dat uit verschillende werelddeelen komt en behoort tot verschillende geslachten.

Okoumé of onder den oneigenlijken naam van wit mahonie of Gaboon Mahonie in den handel, heeft veel overeenkomst met mahonie en wordt gebruikt voor meubelen, kisten en platen (triplexplaten). Het komt uit Fransch Congo en is moeilijk te zagen.

Mahoniehout komt voornamelijk uit Cuba, Haïti, Jukatan, Honduras, Mexico en Z.-Amerika.

Men heeft het hout in den handel als ribhout, gezaagde blokken en op maat gezaagd.

Iepenhout.

Het iepenhout komt voornamelijk uit het binnenland (vooral Z. Beveland). De prijs van gewaterd iepenhout is f 100 à f 120 de M^3 op maat gezaagd; van:

gezaagde blokken prijs	f 50—75	per M^3.
ribhout	f 65	,, ,,
Iepenhouten brugstrooken	f 65	,, ,,

Esschenhout.

Veel esschenhout komt uit Amerika. Het binnenlandsche esschen kost f 75 à f 80 de M^3. Het is in den handel als gezaagde blokken en op maat gezaagd.

Beukenhout.

Gezaagde blokken prijs	f 56	per M^3.
Op maat gezaagd	f 86—120	,, ,,

Beuken platen lang 4—7, breed 30—60 cM ± f 45 per M^3.

Notenhout.

Het mooiste notenhout is het Italiaansche met zijn warmbruine tint. Het Amerikaansche notenhout, dat van den walnootboom komt, staat ten achter bij het Europeesche, maar is in grootere blokken verkrijgbaar. Het hout van den zwarten walnoot is geheel vrij van kwasten en heeft bruin-violette kleur. De grijze walnoot levert lichter grijsbruin hout en is zeldzamer (gebied van Ontario tot Dacota, Nebraska en Kansas). Het is ook veel grofdradiger en zachter dan dat van den zwarten noot.

Het Hickoryhout is een soort gelijkende op notenhout (zie onder dezen naam).

De Kaukasus voert in hoofdzaak blokken en fineerplaten van notenhout uit. Verder leveren Boelgarije en het binnenland notenhout.

Men heeft het hout als gezaagde blokken en op maat gezaagd.

Amerikaansch satijn notenhouten blokken heeft men lang 3,20—4,90 M, zwaar 37—68 cM en als ribhout.

Ahornhout.

Amerikaansch ahornhout aan blokken, prijs vóór den oorlog f 150 per M^3.

Cypressenhout.

Meestal blank gebezigd voor binnenbetimmering. Ook goed materiaal voor dakgoten en regentonnen, vooral het hout van den Lawson's cypres, dat volkomen gaaf en taai is, en weinig trekt of krimpt. Doordat de prijs niet veel hooger is dan grenen, verdient het in den huizenbouw alle aanbeveling.

Hickoryhout (Amerika).

Het hout bezit de eigenschappen van notenhout, maar wordt wel door den worm aangetast en scheurt licht. Men onderscheidt drie soorten:

1) het witte Hickory (in het gebied van Maine tot Minnesota, Nebraska, Texas en Florida) met groote dichtheid en taaiheid.

2) het zwarte Hickory (in het gebied zuidwaarts van Ontario tot Florida en westwaarts tot Texas) dat in het spint bijna wit is en in de kern zwartbruin met witte vlekjes.

3) het Muscaatnoten-Hickory, dat zeer taai is.

Ebbenhout.

Het hout komt uit Afrika en Oost-Indië. Het hout voor parketvloeren komt meestal uit Makasser, Talisse, Lombok en de Molukken.

Plataan.

Het plataanhout met mooie kleur komt uit den Kaukasus. Het heeft veel overeenkomst in uiterlijk met ahorn- of eschdoornhout en wordt evenals deze houtsoorten voor parketvloeren gebezigd. Voor buitenwerk is het ongeschikt, daar het aan werken onderhevig is.

Surinaamsche houtsoorteu.

Surinaamsche groenhart (Bignonia leucoxylon) wordt evenals het Demerara groenhart voor waterbouwkundige werken gebezigd, maar staat bij dit hout ten achter. Om zijn groote hardheid is het voor tanden in kamradraderen, enz. te verkiezen.

Manbarklak (Lecythis ollaria) is een harde soort, welke evenals jarrah voor bestrating en in de waterbouwkunde gebezigd wordt; aan de lucht weinig duurzaam.

Bulletree, rood of paardevleeschkleurig is zeer taai en rechtdradig. Het vezelt niet en wordt gebruikt voor heften (van stuurraderen, enz.)

Demerara groenhart (Nectandra Rodiaei) uit Engelsch Guyana is groen tot bruinachtig geel, ook groenachtig bruin en in het bijzonder bestand tegen den paalworm en ook door zijn grooten weerstand en hardheid geschikt voor waterbouwkundige werken. Doordat het niet in alle gewenschte lengten en afmetingen is te verkrijgen, waardoor veel afval ontstaat, is het hout duur in toepassing. De balken zijn veelal 6 à 18 M lang en 30 à 55 cM zwaar.

De kleur is bruinachtig. naar het groene of gele overhellende; het kernhout donkerder, soms bijna zwart. De doorsnede vertoont bijna geen jaarringen; in de lengterichting is de vezel zeer lang en recht. Het laat zich moeilijk bewerken doch gemakkelijk klooven; wonden, veroorzaakt door splinters van dit hout, genezen moeilijk.

De prijs per M^3 was ongeveer f 100.

Australische houtsoorten.

Yarrahhout.

Het hout houdt zich goed tegen paalworm; men moet echter zeker zijn van de plaats van herkomst en van den tijd van vellen der boomen. Onder het heien scheurt het soms in de lengterichting.

Bezaagd yarrah f 65—f 70 per M^3; blokjes voor bestrating f 70—f 75 per M^3.

Ned.-Indische houtsoorten.

Behalve het *djati* (zie bldz. 525) worden in Ned. Indië en voornamelijk op Java in het algemeen voor bouwwerken gebezigd:

Bamboe.

Men onderscheidt op Java:

Bamboe Petong, groote doorsneden, geledingen betrekkelijk kort, kleur dof, per stuk f 0,40 à f 2,50.
„ Soerat, dunner dan petong, glanzend f 0,40 à f 0,60.
„ Apoes of tali f 0,06 à f 0,10.
„ Ori, kleiner ongeveer 3 M lange bamboe voor paggers, enz. f 0,015 à f 0,025.
„ Ampel, geledingen vrij lang, dikke wand, geschikt voor hefboom en draagstok.
„ Kasap, iets grooter dan bamboe apoes f 0,12 à f 0,15.

De bamboe is gewoonlijk eerst het vierde jaar na het planten kapbaar.

Eiken- of Quercus-soorten, welke op Java steeds *Pasang*, *Kasang* of *Masang* genoemd worden. Het hout der meeste soorten is voor huizenbouw geschikt.

Buiten Java worden ze ook met den naam *Rasak* of *Resah* bestempeld, maar deze naam wordt ook gegeven aan de Vatica. Zij leveren meestal deugdzaam timmerhout.

Verder bezigt men bij bouwwerken ook wel mindere rasaksoorten als padi, batoe, banbang, paning-paning (Quercus Teysmanni B. C. voor binnenwerk).

Javahout.

Rasamala-hout. (Altingia-excelsa) vooral in den Preanger voorkomend. De boom heeft tot 1½ M middellijn en groote lengte. Het is zwaarder en harder dan djati, maar scheurt en trekt spoedig krom en staat ook in duurzaamheid ten achter.

Onder de kastanjesoorten zijn te noemen het *Sanintin-hout* (Castanea argentea). Verder het hout van de eetbare Javaansche kastanje (vrij duurzaam) of het *Kihioer-hout* (Castanea javanica) in den Preanger.

Verder heeft men de Podocarpussoorten:

Kipoetri-hout (Podocarpus neriifolia en cupressina) geeft fraaie planken en is in groote afmetingen te krijgen.

Kimerah-hout (Podocarpus amara) geeft mooi bouw- en meubelhout. *Djamoedjoe-hout* (Podocarpus cupressina), welke boom in groote kaarsrechte afmetingen soms tot 50 M lengte voorkomt. De kleur en eigenschappen zijn die van dennenhout.

Sandelhout of Tjendana (Santalum album) is feitelijk inheemsch in Eng. Indië (Dekan). Uit het geelroode kernhout wordt bij destillatie een geneeskundige olie verkregen.

Onder de Cederhoutsoorten heeft men het

Soerian hout (Cedrela serrata) meer inheemsch in Sumatra en Voor-Indië. Het hout is redelijk vast, fraai te bewerken, mooi gevlamd en geschikt voor meubels ofschoon het niet tegen witte mieren bestand is.

Soerenhout (Cedrela febrifuga), voornamelijk uit Cheribon, is een zacht taai hout gebezigd voor binnenhout, maar werkt erg; ook voor kisthout gebezigd.

Op Madoera komt ook *Kangean Djati* voor, dat wel duurzaam is, maar nogal aan scheuren onderhevig en niet in groote breedte verkrijgbaar is.

Sumatrahout.

Het *ijzerhout of onglen* (ook boelian) wordt bijna uitsluitend gebezigd voor stijlen van woningen en bruggen, brugliggers en heipalen. Prijs te Palembamg f 60 den M³. Is tegenwoordig zeldzaam.

Het *kloetoem-hout* is van hooge waarde voor den inlandschen scheepsbouw (s. g. = 0,843) zeer vaste donkerbruine houtsoort, wordt ook onder de ijzerhouten gerangschikt.

Het *koelim of kalampata hout*, eveneens onder de ijzerhouten gerangschikt, is zeer zeldzaam, zwarte kleur.

Het *tepoes hout* is zeer vast, fijnvezelig, hard en veerkrachtig, zelfs harder dan onglen, maar zeldzaam, vindt toepassing voor stelen, handvatten, schaven, linialen enz.

Het *tembesoe hout*, veel in de Komeringstreek gevonden, doet niet veel onder voor djati en wordt gezocht voor den huizenbouw en voor meubelhout.

Het *petaling hout* wordt evenals *petanang* veel voor genie- en waterstaatswerk gebezigd.

Merbau of Merbouw hout (Afzelia Palembanica Baker) dat veel aan de Oostkust voorkomt, ook met den naam ijzerhout bestempeld, is sterk en duurzaam maar hard en lastig te bewerken. Het hout scheidt bij aanraking met water een bruin vocht af, dat sporen achterlaat. Het Merbau-ajer dat in drassigen grond groeit, krimpt sterk en heeft spint, dat door insecten wordt aangetast. Het is zeer bestand tegen afwisseling van droogte en vocht en kan bij ieder werk djatihout vervangen, evenals het *Tjengal* (Dipterocarpus sp.) of *„Chengal"* *hout* (Straits), waarvan de prijs in de Straits is f 60 per M³ in balkvorm. Te Palembang kost het bezaagd f 80 per M³ f. o. b.

Merawan-hout (Hopea Mingrawan) is gemakkelijk te bewerken en geschikt voor stijlen, dakconstructies, deuren, vensters, ook meubels en kost op afmeting gezaagd f 65 per M³ f. o. b. Palembang. Het is in weer en wind minder duurzaam dan djati.

Petanang-hout (Calophyllum inophyllum) een strandboom, geschikt voor stijlen, liggers, wanden en grover werk dan waarvoor het merawan kan gebezigd worden, daar het minder duurzaam en minder fijn te bewerken is. Het splijt evenwel niet zoo gemakkelijk als merawan. De prijs is f 50 per M³ f. o. b. Palembang.

Melabekan-hout is harder en minder duurzaam dan petanang. Voor binnenbetimmering is het evenwel duurzaam genoeg. Het trekt in dunne afmetingen aanzienlijk. De prijs is f 35,— per M³ f. o. b. Palembang.

Verder heeft men nog het minder solide

Maranti-hout (Hopea Maranti) ook wel landau-merah geheeten, dat veel naar Singapore wordt uitgevoerd voor omwandingen en meubelen en aangewezen is voor petroleumkisten, is een zachte houtsoort, die niet bestand is tegen witte mieren en door insecten wordt aangetast.

Damor laoet en *Damor batoe*, welke veel in Atjeh gebezigd worden.

Andere houtsoorten zijn nog *djinga* (Gluta renghas) en *gyam.*

Voorts belooft het *Rasakhout* van het eiland Simaloer veel voor de bouwkunst in Indië.

In den Riouw- en Lingga-archipel worden gebruikt *balow* (voor buitenwerk, bestand tegen paalworm en witte mieren), *rasak*, *tempinis* en *dedarie*. Deze hout soorten zijn ook geschikt voor bruggenbouw. Verder heeft men er het troentoenghout, dat zeer geschikt is voor palen van aanlegsteigers, daar het tegen houtwormen bestand is. In Banka vindt men goede wildhoutsoorten zooals: *medan batoe*, *njato*, *mendaroe*, *embaloe* en *boelim*.

De eikensoorten worden op Sumatra onderscheiden in *Rasak* en *Paning-paning*, De laatste staat bij de *Rasak*-soorten ten achter.

Beide zijn goede harde houtsoorten, welke voor scheeps- en huizenbouw worden gebezigd.

In de Padangsche Boven- en Beneden-landen wordt gebezigd voor brugdekken het *Rikir- Harikie*, of *Rasak-minjak*. Men heeft hiervan twee soorten: de *rikir djantan* en de *rikir batino;* alleen de eerstgenoemde is bruikbaar. Verder heeft men aldaar de *rasak*-soorten: *padi* of *hitam*, *gadja* en *kait-kait* en paning-paningsoorten, waarvan de beste zijn *sago* en *siraweh*. Tevens heeft men in die streken het *Andalas* of *andala*-hout, geschikt voor meubelwerk, balken, en planken, doch minder voor buitenwerk. Men noemt het ook wel *djati-boekit-tinggi* of Fort de Kock's djatti. Het *moesang* lijkt veel op het andala-hout, is zachter en wordt door witte mieren aangetast.

In Sumatra's Westkust komen verder voor *soerian* en *banio*, welke als goed timmerhout bekend staan en harder zijn dan meranti, rasak en aneng. Van de eilanden komen de harde kaleksoorten en rangas. Het *Rangas* (rengas, rungas, range of ingas) bestaat uit vele soorten, waarvan de beste de rangas teras (Gluta Rengkas L) en de rangos abang (Semecarpus heterophylla B. C.) Het lijkt veel op mahonie en is bestand tegen mieren; het sap veroorzaakt evenwel huidziekten.

Van *Soerian* (Cedrela Serrulata) bestaan de volgende soorten: soerian *benar* of kampong, *bawang* of rimbo, dat minder deugdzaam is en *hasi* of het minst deugdzame. Het *Banio* (Telauma gigantifolia Mig.) of kajoe banin is hard en zwaar, in groote afmetingen te verkrijgen en geschikt voor stijlen en draagbalken.

In de Lampongsche districten komen de volgende wildhoutsoorten voor: *boengoes*, dat nogal trekt en kwastig is, *marbou manggarowan* (voor planken) enz.

Borneohout.

Het *siwo* of Borneo'sch djati wordt veel voor bouwwerken gebezigd. De prijs is f 65 per M^3 op de stapelplaats te Soerabaya.

Goede Borneo'sche soorten als *damar-poetih*, *blangiran* en *bangkiray* worden schaarsch. Het *blangiran* groeit veel in moerassige streken en wordt gebezigd voor vloerbalken, liggers en stijlen; jong hout, dat aan de zon wordt blootgesteld, is sterk aan scheuren onderhevig. Het *bangkirai* is een zware en harde houtsoort van lichte kleur en met vaste fijne vezel, maar moeilijk te bewerken.

Bekend is voorts het ijzerhout van Borneo (Eusideroxylon Zwageri); inlandsche naam *belian* of *beligan* of *kajoe besi*. Het hout is zwaar, duurzaam; het laat zich goed splijten tot dakpannen (sirappen); de kleur is donkerbruin als het oud is, pas geveld is het bruingeel

Verder heeft men het *Indisch mahonie* van Borneo met roodbruine kleur en grove vezel. Het is bestand tegen witte mieren, waarschijnlijk om de kleverige vloeistof, welke op de grenzen der jaarringen te voorschijn komt.

In de Westerafdeeling heeft men de houtsoorten *tekam*, *madjou* en *lompong*.

Celebes- en Molukken-hout.

In Menado komt een aan de kust groeiende soort ijzerhout *possi-possi* voor, dat sterk op ijzer inwerkt.

In Celebes wordt veel *bajang*- en ijzerhout gebruikt en ook djati van Boeton. Het bajanghout is afkomstig van Kajeli (Dongala) en laat zich evenals het *toealhout* van de Key-eilanden goed bewerken en is even duurzaam als djati. Het rijpe hout is goed bestand tegen witte mieren, het bevat evenwel sappen, die de metalen aantasten.

De Key-eilanden leveren verder *weman*, *loeriah* en *tengarhout*, welke langen tijd tegen paalworm bestand blijken.

Handelsmaten van Indisch hout.

Indische courante handelsmaten, zooals geleverd door de N. V. Vereenigde Indische

Bosch-Exploitatie-Maatschappijen zijn $^{18}/_{8}$, $^{15}/_{8}$, 12,5/8, $^{10}/_{8}$, $^{8}/_{8}$, $^{10}/_{10}$, 12,5/10, $^{15}/_{10}$, en $^{18}/_{10}$ cM.

Panlatten worden verkocht in courante afmetingen van $^{2}/_{3}$ cM, dakribben van $^{5}/_{7}$ cM.

Keuringseischen van hout.

De Commissie van afgevaardigden uit het Kon. Inst. van Ingenieurs, de Mij. tot Bevordering der Bouwkunst, den Nederl. Aannemersbond en den Bond van Houthandelaren in Nederland hebben in 1913 het volgende ontwerp opgemaakt.

Proeve van een ontwerp van algemeene voorwaarden voor de levering van hout.

§ 1. *Qualiteit van het hout in het algemeen.*

1. Het hout moet gaaf en gezond zijn, met dien verstande, dat eigenschappen of gebreken, die in verband met de bestemming van het hout niet schadelijk of hinderlijk geacht kunnen worden, geen reden tot afkeuring zullen zijn.

2. Gebreken, voorkomende aan de gedeelten, welke bij de bewerking wegvallen, zullen, nadat deze verwijderd zijn, geen reden tot afkeuring opleveren.

3. De Directie beslist in elk bijzonder geval, gelet op de bewerking, die het hout zal ondergaan, de deugdelijkheid en de onooglijkheid van het werk, of wardradigheid, noestigheid, kleine windscheuren, runwassen, losse kwasten, kalkringen, roestvlekken, en andere plaatselijke gebreken al dan niet schadelijk of hinderlijk zijn in den zin van sub 1.

§ 2. *Droogtetoestand.*

1. Hout, bestemd voor ramen, deuren, luiken, blinden, paneelwerk, schoorsteenkozijn-, plafond- en andere binnenbetimmeringen, plinten, lijsten en meubelen moet door en door droog (belegen) zijn; dat bestemd voor vloeren, trappen, bebordingen en beschietingen zal droog en het overige hout, dat boven water blijft, zal zooveel mogelijk winddroog moeten zijn.

2. Het door en door droog (belegen) hout, zal in courante handelsmaten (zie hierna § 8) moeten worden opgegeven.

§ 3. *Soort van het te leveren hout.*

1. Wanneer de houtsoort in het bestek niet nader is omschreven, moet deze zijn als hieronder is bepaald:

a. Eikenhout moet zijn Europeesch.

b. Wagenschot moet afkomstig zijn van over de volle lengte en door het hart gekloofde stameinden van rechtgegroeide eiken; het moet na bewerking spintvrij zijn, vrij van de in § 1 sub 3 bedoelde gebreken, zonder groote en met slechts weinig kleine kwasten.

c. Grenenhout moet afkomstig zijn van Europeesche of Siberische havens.

d. Amerikaansch grenenhout moet zijn: Longleaf Pine of Cuban Pine, in den handel bekend als Pitch Pine.

e. Dennenhout moet zijn Rijnsch, Schwarzwalder of Bosnisch dennen.

2. Voor dennenhout mag, mits met toestemming der Directie, vurenhout geleverd worden.

3. Wanneer geen houtsoort is voorgeschreven, kan met vurenhout worden volstaan.

4. Behalve het rondhout en het hout, dat volgens het bestek beslagen moet wezen, moet al het te leveren hout bezaagd zijn.

§ 4. *Rondhout.*

1. Rondhout moet zijn recht, goed gevuld en ontdaan van groote uitstekende cesten en wordt gemeten onder den bast.

2. Voor heipalen moeten versche dennen, vuren of grenen, van de schors voorziene stammen geleverd worden.

3. Wanneer het gebruik van bovenlandsche palen is voorgeschreven, mogen deze zonder schors geleverd worden.

4. Perkoenpalen kunnen zijn eiken-, grenen-, dennen- of vuren palen rond of gekloofd. De lengte is 1,60 M. De ronde perkoenpalen moeten, na van de schors te zijn ontdaan, op 0,10 M afstand van den kop ten minste 0,30 M omtrek hebben; de gekloofde op 0,10 M van den kop ten minste 0,007 5 M² doorsnede.

§ 5. *Beslagen hout.*

1. Beslagen paalhout moet over de geheele lengte recht en goed gevuld zijn

en over de in het bestek bepaalde lengte vierkant bewerkt zijn, met niet meer wan dan daarbij is aangegeven.

2. Het wordt gemeten onder den bast en zijn inhoud wordt berekend door de lengte te vermenigvuldigen met den vlakken inhoud van de dwarsdoorsnede op 1,00 M van het stam- of worteleinde, den wankant volgemeten.

3. Beslagen paalhout moet over de voorgeschreven vierkant bewerkte lengte op elk der zijvlakken een doorgaande spintvrije strook vertoonen.

4. Boven en beneden de bepaalde breedte- en diktematen wordt voor het beslagen hout 10% speling toegelaten, met dien verstande, dat de doorsnede voor elken paal met ten hoogste 10% wordt verminderd en het gemiddelde der doorsneden van alle palen tenminste even groot is als de voorgeschrevene.

§ 6. *Bezaagd hout.*

1. Onder meskant bezaagd hout wordt verstaan: hout zonder wan; onder vierkant bezaagd hout wordt verstaan: hout, waaraan eenig wan is toegelaten; alle wan wordt plat gemeten.

2. Bij vierkant bezaagd hout, waarvan de doorsnede 0,025 M^2 of meer bedraagt, mag behoudens het bepaalde sub 4 dezer: *a* wanneer de wanvlakken niet in het gezicht komen, de gezamenlijke breedte der wanvlakken nergens meer bedragen dan $^1/_8$ en de breedte van elk wanvlak nergens meer dan $^1/_{20}$ van den omtrek der dwarsdoorsnede; *b.* wanneer de wanvlakken in het gezicht komen, de breedte van elk wanvlak nergens meer dan 2 cM bedragen.

3. Bij vierkant bezaagd hout, waarvan de dwarsdoorsnede kleiner is dan 0,025 M^2, mag aan ten hoogste twee hoeken wan voorkomen, over ten hoogste $^1/_3$ van de lengte, terwijl, wanneer de wanvlakken niet in het gezicht komen, elk wanvlak nergens grooter breedte mag hebben dan $^1/_{20}$ van den omtrek der dwarsdoorsnede, en wanneer de wan in het gezicht komt, de breedte van elk wanvlak nergens meer mag bedragen dan 1,5 cM.

4. Aan kozijnhout mag slechts aan een der hoeken wan voorkomen tot ten hoogste $^1/_{30}$ van den omtrek der dwarsdoorsnede.

5. Onder hartgekloofd hout wordt verstaan hout, waarvan het hart zooveel mogelijk volgens de lengteas doorgezaagd is, zoodat het over tenminste $^1/_3$ der lengte bloot is en zich nergens meer dan ¼ der dikte onder de hartzijde bevindt.

6. Hout, dat bestemd is voor buitenwerk en voor balklagen en kapconstructies en daarbij niet volgens het bestek geverfd, gevernist of gebeitst moet worden, mag vierkant bezaagd zijn.

Overigens moet meskant bezaagd hout geleverd worden.

7. Het door en door droog hout (belegen) te leveren dennen-, vuren- en grenenhout moet binnenslands gezaagd zijn. Overigens mag buitenlandsch gezaagd hout geleverd worden, voor vloeren echter alleen, wanneer het is goed dicht en vast en zonder groote kwasten.

8. Binnenlandsch gezaagd dennen-, vuren, en grenenhout moet behoorlijk gewaterd zijn.

§ 7. *Hart en spint aan bezaagd hout.*

1. Hout, bestemd voor constructies, die volgens § 2 van door en door droog (belegen) hout moeten worden vervaardigd en voor buitenbetimmeringen, die gevernist ,geverfd of gebeitst moeten worden en dat geen grooter afmetingen heeft dan op de hierbij gevoegde teekening met staat zijn aangegeven (Zie voor deze teekening het genoemde Bouwkundig Weekblad.) of daaruit zijn af te leiden, moet hartvrij zijn.

2. Hout voor kozijnen en balken mag, indien het hartvlak in het werk niet in het gezicht behoeft te komen, hartgekloofd geleverd worden. Hout voor kapconstructies mag hartgekloofd geleverd worden, tenzij het geverfd, gevernist of gebeitst moet worden.

3. Blauw spint (spint met blauwe vlekken of strepen) wordt in geen geval toegelaten. Overigens worden aan vuren- en dennenhout omtrent spintvrijheid geen eischen gesteld.

4. Spintvrij moet zijn al het te leveren meskant bezaagd eikenhout.

5. Aan plank- en kozijnhout mag niet meer dan aan twee hoeken spint voorkomen, terwijl dit aan het spintvlak niet over meer dan $^2/_3$ der volle lengte van de rib aan elkander zal mogen raken.

Voor balk- en kaphout geldt deze eisch alleen voor zoover het hout hartgekloofd of hartvrij wordt verlangd.

6. Overigens mogen, wanneer de eischen omtrent spint en hart niet nader in het bestek zijn omschreven, geen grootere zwaarteafmetingen worden verlangd dan op de hierbij gegeven teekening met staat zijn aangegeven of daaruit zijn af te leiden, (Zie opmerking boven.)

§ 8. *Afmetingen van bezaagd hout.*

1. Wanneer de lengte van het te leveren hout niet uit het bestek blijkt, zal geen grooter lengte gevorderd worden, dan 12,5 M voor dennen en 7,30 M voor de overige houtsoorten.

2. Voor niet binnenslands gezaagd hout zullen, voor zoover het werk zulks toelaat, door de Directie de volgende afmetingen aangehouden worden:
Ongeschaafd:

½	duim	0,013	M	5/8	duim	0,016	M
¾	,,	0,019	,,	7/8	,,	0,022	,,
1	,,	0,0255	,,	9/8	,,	0,028	,,
1¼	,,	0,0315	,,	1½	,,	0,038	,,
2	,,	0,050	,,	2½	,,	0,063	,,
3	,,	0,076	,,	4	,,	0,100	,,
5	,,	0,127	,,	6	,,	0,150	,,
7	,,	0,177	,,	8	,,	0,200	,,
9	,,	0,230	,,	10	,,	0,255	,,
11	,,	0,280	,,				

3. Voor ongekantrechte binnenslands gezaagde zoogenaamde Coperwijksche delen gelden de volgende afmetingen:
Dikte ongeschaafd:

½	duim	0,011	M	¾	duim	0,017	M.
1	,,	0,023	,,	5/4	,,	0,028	,,
1½	,,	0,035	,,	1¾	,,	0,042	,,
2	,,	0,047	,,				

4. Onder de zwaarteafmetingen van bezaagd hout worden verstaan: die van ongeschaafd hout; indien echter het hout geschaafd wordt gemeten, mogen die afmetingen 0,002 M minder zijn voor elk van de geschaafde oppervlakken. Wanneer het hout gereid wordt, mag voor elk der gereide vlakken de zwaarte 0,004 tot 0,006 M (afhankelijk van de lengte) minder zijn dan voor het ongeschaafde hout opgegeven.

5. Onder de breedte van ongekantrechte planken wordt verstaan de gemiddelde breedte gemeten op de helft der lengte. De inhoud van zulke planken wordt berekend door die breedte met lengte en dikte te vermenigvuldigen.

6. De planken voor werk, dat in het gezicht blijft, moeten, na te zijn afgewerkt, onderling gelijk van breedte zijn.

7. De planken van de halve breedte moeten zijn of kunnen zijn verkregen door het in de lengterichting tenminste eenmaal doorzagen van planken van de bepaalde dikte, waarbij de zaagsnede of, in elk geval, één van de zaagsneden moet zijn aangebracht in het midden van de ongekantrechte plank.

8. De planken, waaronder te verstaan hout, van geen grootere dikte dan 0,06 M moeten meskant bezaagd ,breed zijn als volgt: die van de halve breedte tenminste 0,10 M en ten hoogste 0,16 de overige tenminste 0,16 M.

Platen, waaronder te verstaan hout van grootere dikte dan 0,06 M, zullen voor fundeeringvloeren tenminste 0,25 M, voor damwanden, schermen en dgl. ten minste 0,23 breed moeten zijn.

Elk dezer 8 paragrafen is van een toelichting vergezeld. Hiervan vermelden we alleen die, betreffende hart en spint: „Ten einde op rationeele wijze te geraken tot bepalingen omtrent hart spint, en maximum afmetingen, is een nieuwe maatstaf gekozen, welke zich naar de meening der Commissie het beste aan het materiaal aanpast.

Voor de verschillende houtsoorten zijn nl. vastgesteld zg. normaal-stammen, waaronder te verstaan zoodanige stammen, waaruit bij lengten tot 7,30 M wanvrij gezaagd kunnen worden in rechte doorsnede cirkelvormige cylinders, welke aan

de volgende eischen voldoen; daarbij wordt onder hartplank verstaan een midden uit den cylinder te zagen plank, waarbuiten de cylinder hartvrij is.

Houtsoort	Middellijn der dwarsdoorsnede v. d. wanvrijen cilinder	Minimum afstand v. h. spint tot de cilinderas in cM	Dikte v. d. hartplank in cM
Eiken	40	16	10
Amerik. grenen	45	17,5	5
Grenen	27	9,5	5
Vuren	30	met spint wordt geen	5
Dennen	35	rekening gehouden.	5

Voor grootere lengten worden de wanvrije en spintvrije kernen gerekend, boven de 7,30 M lengte, kegelvormig te verloopen in dier voege, dat de middellijnen van de dwarsdoorsneden dezer kern voor elken M of gedeelte er van boven de 7,30 M telkens 2 cM kleiner worden.

In het algemeen zullen nu aan de mate van spint- en hartvrijheid en de verlangde afmetingen der doorsnede geen hoogere eischen worden gesteld den waaraan bij zaging uit dergelijke normaalstammen zou kunnen worden voldaan. Op de bij de „Proeve„ behoorende teekening zijn de voor verschillende gevallen op deze wijze te verkrijgen afmetingen zoowel geschetst als in tabelvorm vermeld.

Evenwel is men, zooals uit de alinea's 2 en 5 moge blijken, voor sommige constructies nog verder gegaan; meer in het bijzonder is voor het grenen en Amerik. grenen plank- en kozijnhout de hoeveelheid toegelaten spint zeer ruim gesteld.

Bak- en Metselsteen.

Litteratuur.

J. A. v. d. Kloes. Onze Bouwmaterialen.
" Handleiding voor den Metselaar. 5e dr. 1913. Brill, Leiden.
C. Visser. Baksteenconstructies, Leerboek voor het samenstellen der in den gewonen huisbouw voorkomende verbanden en constructies in gebakken steen, met 19 uitslaande platen en 4 platen in den tekst. Æ. E. Kluwer, Deventer 1914, f 3,85. geb. f 5.—
Over normaal formaat voor metselsteen. Zie Notulen Tijdschr. K. I. v. I. 1876 en 77 bladz. 67 en 23
Buck. Der Ziegelmeister in Theorie und Praxis.
Dummler. Das Brennen der Ziegelsteine. Handbuch der Ziegelfabrikation. Abt. I, Die Rohmaterialen der Ziegel- und Tonwarenfabrikation
Nederlandsche Klei-Industrie. Uitg. Eshuis & Co., Dalfsen.
Klei. Orgaan der Vereeniging van Nederlandsche baksteenfabrikanten. Administratie te Nijmegen.

Klei voor gebakken steen.

De klei (Zie ook bldz. 408.) bestaat hoofdzakelijk uit kiezelzure aluinaarde(caolien) met meer of minder kiezelzure alkaliën en kiezelzuur (kwarts), terwijl ijzeroxyde bijna altijd aanwezig is en andere stoffen zooals koolzure kalk en magnesia kunnen zijn bijgemengd. Om gebakken te worden, vereischt de gevormde steen een hoogere temperatuur naarmate de hoeveelheid der kiezelzure alkaliën geringer is. Daar door verweering het alkali meer en meer verdwijnt en de korrel gelijkmatiger en fijner wordt, zal de voor het bakken vereischte temperatuur voor oude. kleisoorten ook hooger zijn. Van de verhouding der stoffen in een kleisoort hangt de meer of mindere smeltbaarheid van het kleimengsel en de kleur der steen af

Hoe zuiverder de klei, hoe witter steen; over het algemeen hebben steenen uit rivierklei een roode, uit bezonken zeeklei een gele kleur. Afhankelijk van het gehalte aan ijzeroxyde, neemt de klei door het bakken een meer of minder helder roode kleur aan. Het kalkgehalte bepaalt het sinter- of klinkerpunt van de klei; hoe meer kalk hoe lager dit sinterpunt. Bij groot kalkgehalte bakt de klei in hoog vuur volkomen geel

Het vuur kan op tweeërlei wijze inwerken:

1. oxydeerend, waarbij ijzersilikaten gevormd worden, die een roode of bruine kleur geven;

2. reduceerend, waarbij ijzersilikaten gevormd worden, die een blauwe of zwarte kleur geven.

De grondstof moet zoo homogeen mogelijk gemaakt worden, hetgeen het weerstandsvermogen verhoogt.

Gebakken steen.

Bij een goedgevormden baksteen moet de lengte van den steen zooveel mogelijk gelijk zijn aan tweemaal diens breedte plus de dikte van de voeg en tevens gelijk aan vier maal de dikte van den steen plus driemaal de dikte van de voeg. Er komen echter ook wel afwijkende verhoudingen voor o. a. de metselsteen, toegepast aan het scheepvaarthuis te Amsterdam).

Voor 1 M³ metselwerk van waalsteen kan men rekenen:

bij 3 mM voegdikte	790 klinkers	en 0,94	HL specie
	750 grauwe steen	„ 0,92	
	680 roode „	„ 0,90	„ „
bij 5 mM voegdikte	740 klinkers	„ 1,50	„ „
	700 grauwe steen	„ 1,47	„ „
	640 roode „	„ 1,43	„ „

en voor 1 M² muur van	½ steen,	1 steen,	1½ steendikte
aantal steenen	82	164	246

Voor opgaand werk (klinker-hardgrauw) kan men rekenen op 10,7 tot 10,9 cM voor kopmaat en op 0,60 tot 0,62 M voor 10 lagen dikte.

Binnenlandsche steenen.

Waalsteen.

	Formaat	Prijs per 1000 (*) scheepsboord aan de fabrieken
Straatklinkers . .	(19 tot 19,5) × (9 tot 9,5) × 5 cM	
grijze vlakke . . .		f 50,— à
,, getrokken . .		- 53,—
blauwe vlakke . . .		- 50,—
,, getrokken . .		
trottoirklinkers		- 48.—
miskleurig getrokken		
Metselklinkers . .	(20,5 tot 21) × 9,5 × (5 tot 5,3) cM	
kleurige gevelklinkers		f 45,—
grijze ,,		- 42,—
miskleurige vlakke .		- 38,—
kelderklinkers . . .		- 40,—
Hardgrauw . . .	(21,5 tot 21,—) × (10,6 tot 10,—) × 5,3 tot 5) cM	
best gevelgrauw . .		f 40,—
kleurig		- 42,—
grijs		
miskleurig		- 36,—
Boerengrauw . . .	22 × 11 × 5,5 cM	
kleurig		f 37,—
grijs		- 36,—
miskleurig		- 33,—
Rood	22 × 11 × 5,5 cM	
kleurig (best) . . .		f 31,—
bleek		- 29.—
Mondsteen . . .		
mondklinker . . .		f 34,— à 36.—
,, steen		- 32,— à 33.—
Kromme of paardenkl.		- 27,—

Ruw bezande steen van de firma vh. Fr. van de Loo te Bingerden van het formaat 21,5 × 10,5 × 5,5 cel wordt geleverd in miskleurige en kleurige soorten; de eersten in prijs overeenkomende met gewone waalsteen en de laatste 3 à 4 gld. per 1000 hooger.

Nageperste waalsteen (zeer goed soort) wordt verdeeld in klinker en grauwe steen; zij zijn kantiger, dichter en hebben meer paarsroode kleur. Prijs van nageperste gevelsteen (donker en licht appelbloesem) f 25,— per 1000 (1909).

Utrechtsche steen (Rijn- of Vechtsteen).

De eigenlijke Utrechtsche steen was de Utrechtsche mop of dunne steen met een eigenaardige paarse kleur en gele vlekken.

De Leidsche steen (tegenwoordig onder Rijnsteen gerekend) had vroeger een frissche oranje-roode kleur en wordt nog door een enkele fabriek ,,Ouderzorg'' te Leiderdorp vervaardigd.

Voor 1 M² muuroppervlak van	½ steen,	1 steen	en 1½ steen dikte
zijn benoodigd	90	180	270 Utrechtsche of Vechtsche steen, moppen.
	115	230	345 idem drielingen.
	120	240	360 Rijnsteen.

Gem. formaat Utrechtsche steen: drielingen 18 × 8,7 × 4,5 cM.
moppen 22 × 10,7 × 4,5 ,,
waalworm 22 × 10,7 × 5,5 ,,

Rijnsteen (drielingsvorm) gem. formaat: 18 × 9 × 4,3 cM.

(*) Onderstaande prijzen golden Mei 1920; voor miskleurige steen en rood worden door het Rijkskantoor voor steen de prijzen vastgesteld.

Rijnsteen	Formaat	Prijs per 1000 scheepsboord fabriek (*).
Straatklinkers	17 × 7,5 × 4,2	
blauwe		f 45,—
grijze		- 45,—
Metselklinkers		
jufferklinker . .	idem.	- 45,—
dichte of regenbak		- 45,—
blauwe vlakke . .		- 42,—
grijze vlakke . .		- 40,—
Grauw		
gevelgrauw . . .		- 36,—
wal ,, . . .		—
hard ,, . . .		- 36,—
boeren ,, . . .		- 36,—
onder ,, . . .		- 32
Appelbloesem . . .	18 × 9 × 4,5	- 45,—
Rood	19 × 9,5 × 4,6	
best		- 35,—
wal		- 33,—
roode hardsteen .		- 30,—
welboren . . .		- 25,—
keurrood . . .		- 28,—
Mondsteen		
harde vlakke . .		- 33,—
grauwe (beste) .		- 32,—
kromme		- 30,—
slappe (zachte) .		- 27,—

IJselsteen.

Gemiddeld formaat 16 × 8 × 4 cM.

	Formaat	Prijs per 1000 aan de fabriek (*)
Klinkers	14,8 × 6,4 × 3,8	
trasklinkers . .		f 23,—
gele ,, . . .		- 22,—
blauwe		- 22,—
gele		- 22,—
kromme en mond .		- 18,—
Plavei	14,8 × 6,4 × 4	
vlakke (metsel) . .		- 26,50
tras		- 26,—
beste of straat .		- 26,—
schrale		- 26,—
Ondersteen		
beste of gevel . .		- 26,50
groote		- 24,50
harde		- 22,50
miskleurige . . .		- 20,50
mond		- 18,—
Grauw		
best		- 21,—
boeren		- 19,—
Bovensteen		
beste of blanke . .		- 18,—
gewone		- 17,50
mond		- 16,50
Rood	16,5 × 8 × 4,4	- 16,—

(*) Onderstaande prijzen golden begin 1920.

Dordtsch of drielingformaat f 2,— per 1000 hooger; formaat 4,5 × 9 × 18.

Voor 1 M² muuroppervlak van ½ steen, 1 steen en 1½ steen dikte, zijn benoodigd ,drielingformaat: 112 225 en 340 stuks
en gewoon formaat 144 288 en 432 „

Friesche steen (gele steen).

Handvormsteen: gemiddeld formaat waalvorm 21,5 × 10,5 × 5 cM.

Gele steen

	Prijs per 1000 aan de fabriek(*)	
	waalvorm	drielingen
Klinkers	f 55,—	f 35,—
beste	- 53,—	- 34,—
beste kromme . . .	- 50,—	- 32,—
beste gele klinkers .	- 50,—	
ondergele of wirte .		
Bonte klinkers		
beste		
middel		
gemeene		
putsteen		

Roode steen

Bezande geperste gele steen waalvorm f 55,— per 1000.(*)
drieling - 35,— „ 1000.

Machinale gladde gele siersteen waalvorm f 65,— per 1000.(*)
drieling (Utrechtsch formaat) - 57,— „ 1000.

Groninger steen.

Gemiddeld formaat waalvorm 21,5 × 10,5 × 5 cM.

	Prijs per 1000 franco boord fabriek (einde 1919)
Klinkers	f 38,—
Grauwe steen	
hardgrauw	- 40,—
boerengrauw	- 40,—
Gare steen	- 35,—
Bleek of mondsteen	- 28,—

Noord-Brabantsche, Zeeuwsche en Limburgsche steenen.

Noord-Brabantsche steen formaat gelijk aan de Belgische 18 × 9 × 5 tot 5,4 cM. Prijzen Mei 1920: miskl. klinkers f 38.—, miskl. hardgrauw f 33.—, miskl. boerengrauw f 30.—, miskl. rood f 27.— en kl. gevelsteen f 40.— per 1000 op den wagon aan de fabriek.

Zeeuwsche steen veel gelijkende op IJselsteen wordt onderscheiden in klinker, gevelsteen, rood en mondsteen

Limburgsche steen: gevelsteen (ringovensteen), miskleurige steen, fundamentsteen en brikken (veldovensteen).

Venlosche klinker formaat 18 × 8,7 × 5 cM.

Roermondsche steen 24 × 11,8 × 6 cM.

Buitenlandsche steen.

Belgische steen: Vlaamsch formaat 18 × 9 × 5 tot 5,4 cM.

Brusselsch formaat 20 × 9,5 × 6,5 cM.

Men heeft: Klinkers. Klampsteen. Paapsteen.

De Belgische klei bevat veel pyrietknollen, welke den steen slecht maken.

Duitsche steen. Rijksmaat 25 × 12 × 6,5; verblendsteen formaat 25,2 × 12,2 × 6,9 cM.

Siersteenen.

Verglaasde steenen.

Afmetingen $\begin{Bmatrix}21,7\\21,8\end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix}10,6\\10,5\end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix}5,6\\5,5\end{Bmatrix}$ cM.

*) Onderstaande prijzen golden begin 1920.

Kleuren: donkergroen, donkerbruin, roodbruin.

Prijzen (begin 1920) aan de fabriek:

Waalvorm kop	f 200,—	per	mille.
id. strek	- 220,—	,,	,,
id. kop en strek	- 250,—	,,	,,
id. id. met zijkant verglaasd	- 0,75	,,	stuk.
Voorradige courante profielsteenen	- 200,—	,,	M^3.
Hoek- en aanzetstukken	- 0,85	,,	stuk.

Kleuren: geel doorschijnend, lichtgroen op gelen ondergrond, lichtgroen op rosen ondergrond.

Prijzen (begin 1920) aan de fabriek:

Waalvorm kop	f 220,—	per	mille.
id. strek	- 240,—	,,	,,
id. kop en strek	- 270,—	,,	,,
Voorradige courante profielsteenen	- 220,—	,,	M.
Hoek- en aanzetstukken	- 0,85	,,	stuk.

Kleuren: wit, crème, mosgroen, lichtgeel, donkergeel, lichtblauw, donkerblauw, zwart.

Prijzen (begin 1920) aan de fabriek:

Waalvorm kop	- 230,—	per	mille.
,, strek	- 250,—	,,	,,
id. kop en strek	- 280,—	,,	',
Voorradige courante profielstukken	- 230,—	,,	M .
Hoek- en aanzetstukken	- 1,—	,,	stuk.

Verblendsteenen.

Afmetingen *Hollandsch formaat waalvorm:*

heele steen ± 21,2 × 10,2 × 5,5 cM.
drieklezoor ± 15,7 × 10.2 × 5,5 ,,
halve steen ± 10,2 × 10,2 × 5,5 ,,
klezoor ± 4,75 × 10,2 × 5.5 ,,
worden geleverd met en zonder gaten.

Prijzen aan de fabriek (begin 1920):

witte	heele steen	met vierkante gaten	f 160,— per mille.
	drieklezoor		- 140,— ,, ,,
	halve steen		- 110,— ,, ,,
	klezoor		- 80,— ,, ,,
gele	heele steen		- 100,— ,, ,,
leerkleurige	,, ,,		- 100,— ,, ,,
roode	,, ,, a	met ronde gaten	- 100,— ,, ,,
,,	,, ,, b		- 90,— ,, ,,
,,	,, ,, c		- 80,— ,, ,,

Bijpassende profielsteenen enkele dikte f 130,—, dubbele dikte f 150,— per mille.

Drielingformaat 18 × 8,75 × 4,75 cM.

Witte verblendsteen	f 140,—	per	mille.
Roode ,,	- 90,—	,,	,,
Gele ,,	- 90,—	,,	,,
Leerkleurige ,,	- 90,—	,,	,,
Blauwe bezande siersteen	- 90,—	,,	,,

Bricorna of decoratiesteen.

De bricornasteen werd voorheen door de N. V. voorheen Fr. van de Loo Sr. te Dieren in den handel gebracht, verglaasd en onverglaasd in dikten van een klezoor halve, drie klezoor en heele steen.

Prijzen per 1000 stuks (1910):

	onverglaasd	verglaasd.
klezoren met 1 kop	f 70,—	f 85,—
,, ,, ½ kop	- 40,—	- 50,—
hoeksteentjes	- 90,—	- 115,—
halve steen met 1 kop	- 90,—	- 105,—
,, ,, ,, 2 koppen	- 110,—	- 140,—

Profielsteenen.

Profielsteenen zijn in den handel voor gewonen waalsteen, rooden siersteen en blauwen siersteen.

Prijzen van verschillende profielsteenen (waalvorm) per 1000 stuks. (1910)

	gewone waalsteen	roode siersteen	blauwe siersteen
gewone afgeschuinde steen of eenvoudig profiel	f 100,—	f 120,—	f 120,—
voet- en hoekstukken	- 750,—	- 850,—	- 850,—
afgeschuinde steen 10 cM dik	- 120,—	- 130,—	- 130,—
hoekstukken	- 750,—	- 850,—	- 850,—
dekstukken en andere profielen	- 200,—	- 250,—	- 250,—

Kalkzandsteen.

De kalkzandsteen is steen, gemaakt van kalk en zand in bepaalde verhouding (tusschen 1 : 3 en 1 : 5 maatdeelen), welk mengsel wordt samengeperst en gedurende zekeren tijd (6 tot 12 uur) onder stoomdruk (7 tot 10 atm.) gehouden. De afmetingen der steenen, in ons land vervaardigd, zijn: waalvorm 21,5 × 10,4 × 5,5 cM en rijnvorm 17,9 × 8,7 × 5,5 cM.

De prijs was (1911) gemiddeld f 31,— per 1000 aan de fabriek; gekleurde steen was 3 à 5 gld. per 1000 hooger in prijs.

Drijfsteen (Rijnsche).

Normaalformaat 25 × 12 × 9,5 cM; gewicht der steenen 650 KG/M³ en van het metselwerk 850 KG/M³. Drukvastheid ongeveer 30 KG/cM². Voor 270 steenen normaalformaat wordt bij metselwerk 200 liter mortel vereischt.

Prijs per 1000 stuks (1911) f 20 à f 22 franco station.

Vuurvaste steen.

Merk „Cowen" prijs per 100 stuks f 60,—.
„ „D. B. F." „ „ 100 „ - 60,—.

Dinassteen (siliciumverbinding) voor temperaturen tot 1750° Celsius in afmetingen van 22 × 11 × 6 cM, per 1000 stuks f 65,50. Carborundumsteen voor temperaturen tot ± 2000° C. f 400 de 1000 KG; in modelvorm f 450,— vóór den oorlog.

Vuurvaste steenen voor ovenbouw moeten vlak, scherpkantig, sterk en goed doorbakken zijn. Hun vuurvastheid wordt practisch onderzocht, terwijl hun vorm en afmetingen met een teekening moeten worden opgegeven, waaraan zij dan bij levering moeten voldoen.

Vuurvaste steen waalformaat van Fr. v. d. Loo Sr. te Dieren, prijs per mille (1911) f 120,—; idem welfsteenen 6/18 cM f 120,— per mille. (1911)

Metselsteen in Ned.-Indië.

In het algemeen zijn de gebezigde grondstoffen voor gebakken steen minder verweerd dan in Europa en is het gehalte aan ijzeroxyde hoog. Daar de temperatuur voor het bakken niet zoo hoog is, dat dit ijzeroxyde zich met het kiezelzuur kan vereenigen, wordt de samenhang van den steen daardoor belemmerd.

Voor gouvernementswerken moet het formaat van den baksteen zijn 26 × 12,4 × 5,2 cM; er gaan hiervan 450 stuks in een M³ metselwerk.

Keuring van bak- en metselsteen.

Gebakken steen wordt van ouds naar de kleur en klank gekeurd in welken graad en of zij goed doorbakken is. Hoe helderder klank, hoe meer doorbakken is de steen. Verder wijzen de drukweerstanden de verschillende soorten aan. (Zie ook bij Weerstand van Materialen.) In het algemeen hebben de Nederlandsche fabrikaten de volgende gemiddelde weerstanden tegen druk in KG/cM² van drogen steen (bij natten steen is de druk geringer).

Waalsteen.		*Rijnsteen.*		
klinkers . . .	300—480	rood	gemidd.	80
hardgrauw . . .	120—190	boerengrauw	„	300
boerengrauw . .	130—170	klinkers	„	450
rood . . .	120—140			

Utrechtsche steen.		*Groningsche steen.*	
klinkers	310—450	klinkers . . .	290—330
bestgrauw	240—280	grauwe steen .	200—220
minder grauwe steen . .	110—130		

IJselsteen.

klinkers	260—350
ondersteen	120—130
bovensteen	90—120

Kalkzandsteen minimum eisch 140, kan tot 200.
Cementsteen 100—125.

Vlamovenstraatklinkers heeft men met drukvastheid van 450 tot 750 KG/cM² gemiddeld. De wateropname, welke bij straatklinkers een goede voorloopige keuring kan zijn, neemt algemeen met de vastheid af en bedraagt gemiddeld bij genoemde vlamovenklinkers van 6,5 tot 1,5%, hoewel opnamen van 15% en meer geen uitzondering zijn.

Men late voor onderzoek naar de wateropname de steenen evenwel niet korter dan een week onder water verblijven.

Daar voor gewoon metselwerk in de bouwverordeningen veelal hoogstens 14 KG/cM² wordt toegelaten behoeft de metselsteen bij 10-voudige zekerheid alzoo niet meer dan 140 KG/cM² drukvastheid te hebben. In het algemeen is de belasting, die in een gebouw op steen komt, niet meer dan 4 KG/cM²; slechts onder moerbalken en in pijlers is de druk grooter.

Natuurlijke steen als bouwsteen.

Litteratuur.

J. A. v. d. Kloes. Onze bouwmaterialen.
J. Bouwens. Natuurlijke bekapte steen op West-Java. Tijdschrift v. h. K. I. v. I. van N. I. 1892—93, bldz. 97.
O. Hermann. Gesteine für Architektur und Skulptur. Verlag von Gebr. Borntraeger, Berlijn 1914.
M. E. H. Tjaden. Een bezoek aan verschillende steengroeven. „De Ingenieur" 1911, no. 21.

De hieronder opgegeven prijzen golden vóór den oorlog. De prijzen heden ten dage zijn door gebrek aan vervoer, enz. moeilijk vast te stellen.

Zandsteen.

Onder zandsteen verstaat men een niet-polijstbaar korrelig laaggesteente, dat uit kwartskorrels bestaat, verbonden door een bindmiddel. Dit bindmiddel is van den grootsten invloed op het aanzien zoowel als de eigenschappen. Het kan kiezelig, kalkig, kleiachtig, kleikalkachtig of wel van bruinijzer zijn en al naar gelang spreekt men dan van kiezel-, kalk-, leem-, mergel-, of limonietzandsteen. Het S. G. varieert van 2—2,65. De drukv. van 400—1400. Bij grauwackenzandsteen 1900—2600 of meer.

Men heeft voor bouwwerken voornamelijk de volgende soorten:

Bentheimer zandsteen (rood) en *Gildehausersteen* zijn leemzandsteenen De prijs van Gildehausersteen met stellen en accordeeren is f 115—f 120 per M³.

Obernkirchner zandsteen (wit en rood), ook „Bremer" steen genoemd, is een geelgrijze, fijnkorrelige goede, vaste, weerbestendige leemzandsteen drukv. 417—741 De prijs is op maat behakt wagon franco Amsterdam f 40—f 90 per M³.

Udelfanger steen is een geelachtig grijze, ook roode, kleinkorrelige leemzandsteen, welke niet vorstvrij is en meer geschikt voor beeldhouw- en binnenwerk, evenals de steen van *Echternach*, drukv. 285—653; die van Cordel (Cordeler Römerfelsen) 720. De prijs is met stellen en accordeeren f 90 tot f 110 per M³.

Grès de Luxembourg en *La Rochettesteen* zijn kalkzandsteenen. De prijs met stellen en accordeeren is f 130 tot f 160 per M³.

Bollendorfer zandsteen is een kwartszandsteen van groot draagvermogen en bestand tegen vuur.

Teutoburger zandsteen (Externstein bij Detmold).

Roode Wesersteen (*Bremersteen*).

Beiersche zandsteen.

Elbe zandsteen, Quaderzandsteen (Saksisch en Boheemsch). Geelachtig, soms wit, fijne, tot middelkorrelige krijtzandsteen. Drukv. 120—300 en hooger, 5 soorten. prijs per M³ f 120,—

Medard zandsteen . . . . . „ „ „ f 120,— à f 130,—
Maulbronner . . . . „ „ „ - 115,— à - 125,—
Schönbrunner zandsteen . . . „ „ „ - 117,—
Main-zandsteen . . . . „ „ „ - 105,—

Roode Mainzandsteen (Beiersch en Badensch). Kersrood, dikwijls wit gestreept of gevlamd, fijnkorrelige bontzandsteen. Drukv. 775—930. Reeds in de 13de eeuw gebruikt.

Witte Mainzandsteen, Groen Frankische, enz. (Beiersche). Grijsgroen, ook geel en grijswit, fijnkorrelig. Drukv. 674—867.

Chauvigny zandsteen . . . . prijs per M³ f 175,—
Pouillenay rose . . . . „ „ „ - 105,— à f 160,—
Portland zandsteen . . . . . . „ „ „ - 130,— à - 140,—

Bunzlau, Löwenberg, Heuscheuer (Silezische). Geelachtig en wit.

Schlegel, Neurode (roode Silezische).

Seeberg (Thüringer). Witgrijze fijne korrel.

Plotzky (Magdeburger). Witgrijze en geelachtige fijnkorrelige kiezelzandsteen.

Velpke (Brunswijker). Geel en blauwgrijs. Ook voor zuurvaste reservoirs gebruikt, enz.

Solling, *Weserzandsteen* (Brunswijker). Bruinrood, fijnkorrelig.

Hilszandsteen (Hannoversch). Geelachtig, ook roodachtig, fijn tot grofkorrelig.

Nesselberg (Hannoversch). Grijswit, fijnkorrelig. Drukv. 522—753.

Porta (Westfaalsch). Geelbruin, poreus.

Ruhrzandsteen (Rijnsch). Kwartszandsteen. Drukv. 2301.

Haardt (Rijn-Pfalz). Geelachtig, gevlamd, kleinkorrelig.

Kaiserslautern, *Lautenthal*. Rozerood fijnkorrelig.

Otter Berg (Rijn-Pfalz). Witgeel, fijnkorrelig.

Königsbach, *Altleiningen* (Rijn-Pfalz). Geelachtig wit, kleinkorrelig.

Vogesenzandsteen (Elzas-Lotharingen). Rood, grijs gevlekt, fijnkorrelig.

Larochette, *Fels*, *Erzner Stein* (Luxemburg). Geel, kleinkorrelig. Drukv. 552.

Murgtal, *Sulzbach* (Badensche bontzandsteen). Witte en roode, fijnkorrelig.

Neckarzandsteen (Baden en Würtemberg).

Haller Stein, *Lettenkolenzandsteen*, *Schilfzandsteen*, *enz.* (Wurtemberg).

Kronach (Beiersch). Witgrijs.

Regensburger Groenzandsteen (Beiersch). Geelgroen, krijtzandsteen. Drukv. 230—385.

Roter Kylburg (Eifelzandsteen). Bleekrood, ook grijs, fijn tot kleinkorrelig. Drukv. 825—1038.

Olsbrücken, *Lauterecken*, *enz.* (Rijn-Pfalz). Grijs, geelachtig, ook bleekrood.

Op maat behakt kosten de blokken steen aan de carrière 5 à 8 gulden per M³ meer. Het bewerken, stellen, en accordeeren (zonder bijleveren) van steen, niet harder dan Obernkirchner zandsteen kost f 76,— tot f 100,— de M³.

Per wagon van 10000 KG laadt men 3,5 à 3,8 M³.

In het algemeen is het bewerken van zandsteen schadelijk voor de gezondheid. Zeer schadelijk worden genoemd de Teutoburger-, Obernkirchner-, Bentheimer-, Gildehauser- en Medard zandsteen; in iets mindere mate de Bremer-, Pilsner- en Bollendorfersteen en nog minder de Udelfanger- en Bornersteen.

Bewerking van den steen in de groef tegen het leger in is veel tijdroovender dus duurder en geeft meer steenverlies.

Het klooven bij liggend leger kan inwendige scheuren veroorzaken. Men zal dus goed doen vóór de aanneming vast te stellen, of men den steen met liggend leger wil hebben.

Kalksteen.

De kalksteenen behooren evenals de zandsteenen tot de laaggesteenten.

Door de homogeniteit, dichtheid en fijnte van korrel leent de kalksteen (w. o. hardsteen en marmer) zich het best voor fijne vormen en scherpe profielen.

Voor bouwwerken worden hoofdzakelijk de volgende soorten toegepast, welke niet polijstbaar zijn of weinig in gepolijsten vorm gebruikt worden (zg. handelskalksteenen):

Nederlandsche kalksteenen.

Maastrichtsche Krijttuf. Geelwit, poreuze kalkmergel, alleen in de directe omgeving gebruikt. Vroeger echter tot ver vervoerd.

Duitsche kalksteenen.

Freyburg, *Schaumkalk* (Thüringer kalksteen). Geelachtig, fijnkorrelig, oölitisch.

Duitsche travertin (Thüringer) bruingeel).

Gröna, *Aderstedt* (Anhalter). Blauwgrijs, fijnkorrelig, oölitisch.

Eschershausen (Brunswijker). Geelgrijs, fijnkorrelig dolomit. Drukv. 1000.

Unterfränkischer, *Würzburger Muschelkalk* (Beieren en Baden). Geel tot donkergrijsblauw, dichte kalksteen. Zoo hij niet sterk poreus is, dan polijstbaar. In 4 soorten Drukv. 426—857.

Rothenburger Muschelkalk (Beieren). Grijsgeel.

Thüringer Muschelkalk. Als voren, In 3 soorten. Drukv. 352—932.

Solnhofer Schiefer of *Lithograafsteen* (Beieren). Roodgeel tot blauwgrijs, uiterst fijnkorrelig, kalklei.

Kelheim, *enz.* (Beiersche). Geel tot zuiver wit, oölitisch. Drukv. 403—992. Reeds in Oud-Romeinschen tijd gebruikt.

De Oostenrijksche, Italiaansche e. a., kalksteenen zijn voor ons land minder van belang.

Fransche kalksteenen.

Savonnières (Fransch-Lotharingen Dep. Meuse). Soms „Fransche zandsteen" genoemd. Zachte steen, grijsgeel, oölitisch. Drukv. 74—203. Soorten I, II en III prijs per M^3 350 frcs. franco groeve (begin 1920).

Morley. Overeenkomend met Savonnières (afkomstig uit de streek ten Zuiden er van). Witgrijs, fijnkorrelig, zacht en hard, 250—500 drukv.; prijs per M^3 was f 95 à f 140. De *Reffroy* steen is geler.

Cean, *l'Allemagne*, als voren, echter uit Normandië.

Jaumont, *Metzer steen*, Okergeel (jaune mont). Kleinkorrelig oölitisch. Drukv. 220—250 Kg. cM^2. Uit Lotharingen.

Euville. Grijs en geelachtig, oölitisch, uit het Dep. La Meuse. Lijkt op rijstkorrels, die samengekleefd zijn. Drukv. 300—350 Kg. cM^2. Prijs per M^3 350 frcs. franco groeve (begin 1920).

Courson. Wit geelachtig. Fijnstkorrelig, oölitisch.

Rochefort, *St. Même*. Geel tot wit zoowel kompact als poreus.

Calcaire Grossier of grofkalk (Parijsche kalksteen). 4 Soorten. Grijswitte tot okergele poreuze zandkalksteen. Drukv. 30—200. Kg. cM^2. Uit het bekken van Parijs.

Liais, *Cliquart*. Dichte kalksteen uit Dep. Aisne, Marne enz. Drukv. 300—500

Vaurion (Drukv. ± 750 Kg cM^2). prijs per M^3 400 frcs. franco groeve (begin 1920).

Comblanchien (Drukv. 800—1100 Kg cM^2).

St. Joire (Drukv. ± 300 Kg cM^2), een zeer weervaste kalksteen.

Chemery.

Mohimont (wit).

Engelsche kalksteenen.

Portland Stone (Dorsetshire). Geelgrijzig, deels oölitisch.

Bath Stone. Gelijkend op Caen. (Somersetshire).

Kentish Rag. Blauwgrijs, kiezelig.

Anston (Yorkshire). Geelachtig dolomit.

Hardsteen.

Hardsteen is de naam voor de blauwe Belgische kalksteen, welke in drie hoofdgroepen is te onderscheiden:

1. *Devonische steen*, d. i. de oudste formatie, met fijnkorrelige breuk en waartoe ook eenige marmers behooren. Groeven bij Namen en Dinant, o. a. te Tailfer, Profondeville, Burnot, Ligny, Salzinne, Rochefort en Dieupart. De steen krijgt na verloop van tijd een lichte kleur tengevolge van de ontleding der kleurstof.

2. *Petit granit*, een jongere formatie (kolenkalksteen) met grofkorrelige breuk en glanzende facetten. Groeven in Namen, Henegouwen en Luik en in de Coudroz, o. a. te Ecaussines, Soignies, Maffle, Feluy, Arguennes. Ligny, Spontin, Barse, Poulseur, Comblain- au-pont,Sprimont en Florzee, waarvan Ligny en Spontin niet al te beste qualiteit leveren.

De steen neemt een donkere kleur aan.

3. *Maassteen*, de jongste formatie der kolenkalksteenen, eveneens met grofkorrelige breuk. Groeven langs de Maas en de Samson, o. a. te Namèche, Maizeret, Thon en Samson.

De kwaliteit van hardsteen moet niet minder zijn dan Petit granit, vrij van trekkers of klierholten en helder van klank. De hardsteen moet vrij zijn van horizontaal ontbloot groefleger of zwarte ader op een aanmerkelijk gedeelte der in het zicht komende bewerkte vlakken en ook van zwarte open aders, dat zijn die, welke recht door den geheelen steen loopen, nl. voor zoover het stukken geldt van niet meer dan 45 cM hoogte. Bij meerdere hoogte zijn aders toe te staan. De stukken moeten volgens groefleger worden gesteld, mits het gedeelte volgens groefleger te nemen, de andere niet in afmeting overtreft. Maximum afmeting aan de groef 10 M^3; minimum dikte der platen 1 cM.

De prijs van den hardsteen in den wagon aan de groeve bedroeg voor gewoon werk 45 tot 60 gld., voor meer afgewerkte stukken tot 100 gld. den M^3.

Op het werk in Holland kon men rekenen op f 90 tot f 120 den M^3 bewerkte steen, het stellen en accordeeren inbegrepen.

Marmer.

Men onderscheidt (het eigenlijke) *kristalachtig* marmer (uit Carrara), *doorschijnend* marmer (eveneens uit Carrara), *gestreept* marmer (Cipollinomarmer) en *pauwenmarmer* (Paonazzo) met zwart-violette aderen, *kleurmarmer* (Noir-fin, Untersbergermarmer, enz.), *geaderd marmer* (Portoro, zwart met oranje-gele aderen, Languedoc, scharlakenrood met breede witte aderen) en *Brecciën*-marmersoorten w. o. het knollenmarmer van Verona, amandelmarmer of Griotte en gevlamd marmer, bijv. de Sarancollino. Ruw marmer heeft men in prijzen van 230—400 gulden den M³.

Onder „statuario", of statuair marmer, verstaat men marmer uitsluitend voor beeldhouwwerk bestemd.

Italiaansche marmers.

Carrara, het witte (monumentenmarmer) en het weinig grijze „blanc clair" of ordinario. Het blanc clair met weinig aderen kost f 500,— den M³; in platen van 2–5 cM per M² f 12,50 à f 25,—. Het doorschijnende marmer vam Carrara is tamelijk poreus en is in den winter in de open lucht niet erg duurzaam. Vloerplaten van Carraramarmer dik 2 cM kosten ± f 15,— den M². Porter marmer (zwart) komt uit Porto Venere. (Prijzen begin 1920).

Belgische marmersoorten, in platen dik 2 cM ongepolijst, franco wagon aan de groef:

St. Anna (rood en donkerblauw en grijs)	45 frcs. franco groeve.
Rouge Griotte	45 frcs. franco groeve.
Bleu Belge	45 frcs. franco groeve.
Noir fin	45 frcs. franco groeve.
Noir Basècles	27 frcs. franco groeve.
Florence	40 frcs. „ „

Verder heeft men het meer of minder grijze schelpenhoudende Lumachelle marmer uit Mons en de hardsteensoorten Noir belge, Bleu belge, enz.

Fransche marmers.

Fransche soorten komen uit Languedoc (rood, wit en grijs geaderd), uit de departementen des Bouches du Rhône en du Var (geel).

Caunes (Fransch Pyreneeënmarmer). Donkerroode dichte en nierachtige kalksteen. Lakrood (griotte de Caunes of d'Italie), ook scharlakenroode soorten (Incarnat du Languedoc), enz

Grand antique, *Drap mortuaire* (Fransche Pyreneeën). Zwarte, witgeaderde stukken in witte massa. Kalksteen-breccie. Afkomstig van Saint Girons, dep. Ariège-

Campan (Hoog-Pyreneeënmarmer). Nierkalksteen. Veelvuldig in de 17de en 18de eeuw toegepast in Versailles, Trianon, enz. Groene, bruine en roode amandelvormige teekening, ook wel op gelen grond (Rubané vert).

Sarrancolin (Hoog-Pyreneeënmarmer). Geelgrijs met roseroode en roodbruine aders, toegepast alsvoren. (Spiegelgalerij Versailles).

Rouge Acajou (Fransche Pyreneeën). Mahoniekleurig

St. Béat (*antiek en modern Fransch Pyreneeënmarmer*). Melkwit met ronde duidelijk zichtbare glasachtige kalkspaatkorrels. Vrij doorschijnend.

Vert des Alpes, *Vert Maurin* (Fransche Pyreneeën). Donkergroen met lichte aderen. Is ophicalcit.

Var (Provencaalsch marmer). Groengeel met witte vlekken en fijne roode aderen.

Brèche d' Alet(Provencaalsch). Geel, roodgrijs, violet, groote, hoekige fragmenten in rooden of gelen grond

Jaune Lamartine (Fransch Juramarmer). Is teer geel en zeer kostbaar.

Hauteville (Jura). Lichtgrijsgeel met ronde teekening.

Comblanchien, *Corgoloin*, (Dep. Côte d'Or). Grijsgeel met roode vlekken. Comblanchien platen dik 2 cM ongepolijst franco aan de groef 40 frcs per M².

Napoléon (ten Z. van Verdun). Ook genoemd naar Pierre de Lunel. Grijs of rosekleurig („rosé") met roode aderen. Den naam heeft het te danken aan zijn toepassing aan het graf van Napoleon in den Invalidendom 50 frcs. den M² bij 2 cM dikte

Joinville (Noord-Fransch marmer). Grijs met donkere, kersroode aderen, 45 frcs. den M² bij 2 cM dikte.

Duitsche marmers.

Wildenfels (Saksisch marmer). Zwartblauw witgeaderd.

Groszkunzendorf, Saubsdorf (Silezisch marmer). Grofkorrelig roodwit, ook blauwgroen enz,. deels dolomiet. Drukv. 589—1012.

Saalburg (Thüringer marmer). In 9 soorten: grijsviolet (fontanello) rood (rubantica) enz.

Nassau, Lahn (Hessisch marmer). In tal van grijze, roode en zwarte soorten. Drukv. 1202—1829.

Brilon Mecklinghausen (Westfaalsch marmer). Roodgrijs met gele aderen (alma) enz.

Beiersche marmers.

Marxgrün, Hof. In rood, blauwgrijs, enz. Drukv. 1455—1666.

Tegernsee (Boven-Beiersch). Warm rood en ook blauwgrijs.

Zuid-Beiersche marmers:

Treuchtlingen, Jurakalk. Geel of blauw.

Ruhpolding. Rood en geel en tusschensoorten, wolkig met witte aderen.

Rohrdorf, Neubeuern, kiezelkalksteen, ook granietmarmer genoemd, enz. In een grijze grondmassa liggen ovale ophoopingen.

Kiefersfelden marmer.

Oostenrijksch marmer.

Untersberg (antiek en modern Salzburger marmer). Roodwit tot grijsgeel met roode puntjes, breccieachtig, (Forellenstein, enz.) Drukv. 1350—2126.

Adnet. Bontkleurig (Salzburger).

Portschach (*Kartner marmer*). Rosekleurig, ook wit en grijs.

Tiroler marmer. Hiervan zijn de soorten en kleurenrijkdom, die in den handel voorkomen, zoo talrijk, dat we van een opsomming moeten afzien. Verscheidene soorten zijn korrelig, dus ook in wetenschappelijken zin marmer.

Hongaarsch marmer: „Hongaarsch rood" enz.

Zwitsersch marmer.

Saillon (Zwitsersch cipollino). Fijnkorrelig ophicalcit. Wit tot ivoorachtig met groene en violette of wolkachtige teekeningen.

Arzo-Mendrisio. Rood, witte en groene breccie, enz. (brocatello, enz.). St. Triphon, zwart en grijs, wit geaderd.

Noord-Italiaansch marmer.

Carrara, Chiaro (antiek en modern wit Noord-Italiaansch marmer). Korrelig, deels dolomitisch. De lichte soorten met chiaro aangeduid, in tegenstelling met de donkere, die „bardiglio" heeten.

a. *Statuario.* Doorschijnend, deels ivoorachtig.

b. *Blanc Clair.* Wit met lichte blauwachtige nuance en lichte blauwgrijze aderen. Wellicht de bekendste en meest gebruikte van alle marmers.

c. *Blanc p.*, met iets minder aderen, d. *Calacatta* wit met groenblauwe striemen

e. *Pauwmarmer*, evenals f. *Paonazzeto* met kleiner vederteekening.

Brèche Violette en Brèche Afrique. Deze laatste naam vermoedelijk ontstaan, doordat die groeven in Oud-Romeinschen tijd door Afrikaansche slaven bewerkt werden. Zwartgrijze-violette bindmiddeldraden.

Portor. Diepzwart met goudgele arabesken. Is tot algemeenen naam geworden voor dergelijke marmers.

Verde di Mare. Groen met idem strepen.

Verde d'Egitta of d'Egypte. Idem kleur.

Levanto, Granito di Levante. a. Groen. b. Rood.

Botticino. Geel met lichte vlekken en donkergele naden.

Sardinisch Graniet, Jaune Gris, enz.

Siena van citroen tot oranjegeel.

Verona. In rood en geel met allerlei gele variëteiten.

Algiersche marmers.

Marbres de Numidie, enz. In allerlei roode variëteiten.

Zuidwest-Afrikaansch marmer.

Met zebra-achtige, meestal grijze patronen.

Grieksche marmers.

Penteli (gelijk alle volgende is dit zoowel antiek als modern Grieksch marmer). Fijnkorrelig wit en blauwachtigwit, grijs netwerk. Ook bekend als „attisch marmer" Drukv. 1270.

Verde Antico. Uit Thessalië. Serpentijn-Breccie. Zwartgroen.

Cipollino Antico. Groenwit van Euboea.

Tinos (Ophites). Licht tot donkergroen van het eiland Tinos.

Skyros van het eiland Skyros. Fijnkorrelige kalksteen. Zoowel witte als vurige kleuren.

Paros. De groeven van dit beroemde antieke sneeuwwitte marmer zijn uitgeput.

Marmo Rosso Antico. Uit de Peloponnesus. Karmijn tot helrood.

Klein-Aziatisch marmer (antiek en modern).

Phrygisch marmer. Breccieënachtig korrelig.

Zweedsch marmer.

Ringborg kolmard, blauwgroen met witte strepen of vlekken.

Noord-Noorweegsch marmer.

Nordlansk marmer. Gele en grijze nuances. Klein tot fijnkorrelig, deels dolomiet. In platen te Amsterdam franco boot f 7,50 per M² (vóór den oorlog).

Engelsch marmer.

Derbyshire fossil of *encrinital*, *Hoption Woodstone.* Lichtgrijs tot bruinrood (gelijkend op den „blauwen hardsteen").

Dorsethshire marmer. (Purbeck en andere soorten).

Connemara, Kilkenny, enz. (Iersche marmers).
Noord-Amerikaansche marmers.

Vermont. In tallooze kleuren.

Georgia. Gelijkt deels veel op het Silezische.

Onyxmarmer. Komt uit Algerië, Mexico, Argentinië, enz. Vroeger veel aangeduid met den naam van „Egypt. albast", kenmerkt zich door doorschijnendheid, en prachtige teekening.

Leiplaten,

aan één zijde gepolijst en aan de andere zijde vlak behakt kostten vóór den oorlog van f 8,50 tot f 12,— den M² bij dikten van 2 tot 3 cM. Aan beide zijden gepolijst, waren de prijzen 50% hooger. Dakleien uit de Belgische Ardennen (Warmifontaine) zijn verkrijgbaar in afmetingen van 13 × 23 tot 31 × 61 cM.

Granietsteensoorten.

Graniet bestaat uit (kali) veldspaat, glimmer en kwarts. Het kwartsgehalte verhoogt de vastheid. Graniet, dat oxydeert of roest, bevat ijzer. Granieten uit het Fichtelgebergte, Odenwald, Schwarzwald en Bayersche Wald bevatten zelden ijzer, eemige soorten uit Saksen, Frankrijk en Italië bevatten daarentegen veel ijzer. Het veldspaat geeft meestal de kleur aan het graniet. Het meeste graniet komt uit Beieren, Noorwegen en Zweden. Het Noorsche graniet is veelal billijker in prijs. In het algemeen is het gestockte Beiersche graniet niet zoo mooi als het gepolijste.

Het graniet kan tegenwoordig in dikten gezaagd worden van af 1 à 2 cM. Het zagen is duurder dan het behakken.

In groote hoeveelheden op het werk geleverd, was de prijs naar gelang van bewerking vóór den oorlog op f 80 à f 110 per M³ te stellen; tegenwoordig per M³ voor gestockt graniet f 200—f 250 en voor gepolijst graniet tot f 1000 meer.

Saksisch graniet (biotitgraniet).

Meiszen. Ook genaamd Riesenstein. Rose de Saxe. Gelijkt o. a. op het Schotsche Peterhead, lichtvleeschkleurig, grofkorrelig, kwartsrijk. Drukv. 1679 KG/cM².

Lausitz, blauwgrijs, middelkorrelig, ook wel porphierachtig en grofkorrelig, veel donkere glimmerrijke strepen en met stukken van leigesteenten. Drukv. 1200—2255 KG/M².

Silezisch graniet (biotitgraniet).

Sriegau, *Bolkenhain.* Lichtgrijs, middel- tot grofkorrelig. Drukv. 1964—2509 KG/cM².

Strehlen, Gorkau. Blauwgrijs, kleinkorrelig. Ook wel roodachtig, fijnkorrelig (Gorkau). Drukv. 2116—2860.

Königshain. Lichtgrijs, middel tot grofkorrelig, met vele kristalophoopingen.

Reuzenberggraniet. Met groote vleeschroode veldspaatbrokken, middelkorrelig.

Harzgraniet, *Steinerne Renne*. Blauwgrijs of bleekrood of blauw- en geelgroen, middelkorrelig. Drukv. 2201.

Odenwaldgraniet.

Felsberg. Zwartgroen, wit gevlekt, middelkorrelig, hornblendebiotitgraniet, plaatselijk syenietachtig. Drukv. 1902.

Hessisch rood. Zwartwitrood, grofkorrelig biotitgraniet.

Tromm. Olijfrood, middelkorrelig biotitgraniet. Drukv. 2170 KG/cM².

Schwarzwaldgraniet (biotitgraniet).

Achertal, *Bühlertal*. Grijs tot roodachtig, middel- tot grofkorrelig. Drukv. 1645—2011.

Kandern (Zuid-Schwarzwald). Grijs, ook roodachtig. Drukv. 2235 KG/cM².

Vogesengraniet (Elzas) 3 soorten. Andlau met roodachtige groote veldspaten; Tiefenstein, groengrijs; Alsatia, bruinrood. Ook vele andere Fransche granieten. Middelkorrelig biotitgraniet. Hooge drukv.

Fichtelgebergte.

Waldstein, *Kornberg*. Blauwachtig en geelgrijs, middel- tot grofkorrelig tweeglimmerig graniet.

Schneeberg, witgrijs, middelkorrelig biotitgraniet.

Gefrees, *Kornbach* donkergrijs, kleinkorrelig.

Selb. Grijs, klein- tot fijnkorrelig.

Fichtelgebirgssyeniet. Zwartgroen en wit gemengd, kleinkorrelig hornblendebiotitgraniet. Drukv. 1545.

Passau. (Bayerischer Waldgraniet), blauwgrijs, ook geelachtig klein- en middelkorrelig. Drukv. 1980—2493.

Kosseïne. Groenblauwgrijs, biotitgraniet met blauwe veldspaten.

Boven-Oostenrijksch graniet (biotitgraniet).

Mauthausen. Lichtgrijs, kleinkorrelig. Drukv. 1167—2436 KG/cM².

Neuhaus. Donkergrijs kleinkorrelig. Drukv. 1090—1887 KG/cM².

Schärding. Blauwgrijs, kleinkorrelig. Drukv. 719—2533 KG/cM².

St. Oswald. Blauwgrijs, kleinkorrelig. Drukv. 1362—1953 KG/cM².

Gmünd, Eisgarn en Schreme. Witgrijs, grof- tot kleinkorrelig. Drukv. 807—2074.

Boheemsch graniet (biotitgraniet).

Pilsener, *Pladen*. Roodachtig zwartgrijs, grofkorrelig. Drukv. 1607 KG/cM².

Neuhaus. Geelachtig grijs, kleinkorrelig. Drukv. 1607.

Konopischt. Blauwachtig wit, middelkorrelig. Drukv. 1829—2130. Ook donkerblauwgrijs en kleinkorrelig.

Oostenrijksch-Silezisch graniet.

Schwarzwasser lichtgrijs, kleinkorrelig. Drukv. 2160—2510 KG/cM².

Zuid-Tiroler graniet.

Predazzo, *Granito rosso di P*. Bleekrood, klein- tot middelkorrelig turmalijngraniet. Drukv. 1564—1664 KG/cM².

Noord-Italiaansch graniet (biotitgraniet).

Baveno. Twee soorten: ,,rosso'' zijnde lichtroserood en ,,bianco'' zijnde grijswit, Drukv. 1188—1557 KG/cM².

Biella, *Sienito delle Balma*. Roodachtig middelkorrelig.

Elbagraniet.

Granitello d'Elba: Witachtig, fijnkorrelig biotitgraniet, van de Monte Capanna aan de Noordkust. Dateert vanaf den Oud-Romeinschen tijd.

Egyptisch graniet.

Assuan (Syenites of granito rosso antico). Ten onrechte Syeniet genaamd. Zoowel rood (warm en lichtrood, baksteenkleurig) als grijs. Dateert van Oud-Egyptischen tijd.

Finsch graniet (veelal biotitgraniet).

Wyborg W-Rapakivi. Roodbruin, grofkorrelig, bepaald porfierachtig.
Töfsala, Vehmo, Balmoral Red. Het Töfsala, in Engeland genaamd Balmoral I, lijkt op het Schotsche Peterhead en het Duitsche Meiszen, de overige zijn donkerder van kleur.
Hango. Lichtbruinrood, middelkorrelig.
Ingo. Bruinrood, middel- of grofkorrelig, deels porfierachtig.

Zweedsch graniet (biotitgraniet, rood Zweedsch graniet).

Virbo. Hoogdonkerrood, grofkorrelig.
Vanevik, Waanewick. Blauwrood, grofkorrelig.
Lysekil, Stangehufvud. Groenrood, porphierachtig.
Uthammar, Bon Accord Red. Baksteenrood, het sterkst rood van alle Zweedsche granieten.
Virgo. Donker- tot bleekrood, reuzenkorrelig.
Neurot Opmannaa Vanga. Hoogrood, middelkorrelig.
Küllo. Roodgrijs, grofkorrelig.
Malmön, Uddevalla, Bohusian. Roodgrijs, kleinkorrelig.

Noorweegsch graniet (biotitgraniet).

Idefjord, Grey Royal Granite. Lichtgrijs, middelkorrelig.
Stöa, Drammen. Rood, gelijkend op Meiszen („Stettiner"), middel- tot grofkorrelig en glimmerarm.

Engelsch graniet.

Shap, Shapfell. Lijkt op het Reuzengebergte-graniet door lichtvleeschkleurige afscheidingen van losse veldspaat, tot 4 cM lengte toe.

Schotsch graniet.

Peterhead. Biotitgraniet in 3 soorten verkrijgbaar, nl. rood, blauw, en grijs. Het roode is licht vleeschkleurig en grofkorrelig, gelijkend op Meiszener, het donkerblauwgrijze is kleinkorrelig, het grijze middelkorrelig.
Aberdeen. Lichtgrijs, soms roodachtig, tweeglimmerig graniet. Behoudens deze nog veel andere Engelsche en Schotsche granieten.

Amerikaansch graniet.

Vermont Graniet of Barre. Blauwgrijs kleinkorrelig biotitgraniet.
Vermont Graniet of Bethel White of Hardwich White. Opvallend door melkwitte aan marmer herinnerende kleur. Middelkorrelig tweeglimmerig graniet.
Connecticut, Bradfort red, Stoney Creek, gelijkend op het Saksische Meiszen, roserood, grofkorrelige biotitgraniet.
Wisconsin. Montello, bruinrood, klein tot middelkorrelig, hornblende graniet.
Zie voor andere bekende granieten onder „Diabaas" enz.

Granietporphier.

Deze is dikwijls nauwelijks te onderscheiden van kwartsporphier.
Van porphierachtige structuur spreekt men, als in duidelijk korrelige eruptief gesteenten afzonderlijke mineralen door grootte of op andere wijze duidelijk spreken.
Bekend is o. a. het Beuchaer graniet (niet ver van Leipzig) door het „Völkerschlachtdenkmal", zijnde groen en rood, soms met bloedroode afscheidingen.
Ook in Zweden (Elfdalen) zijn dergelijke granieten, voorts in Engeland, enz.

Syeniet.

Het onderscheid tusschen syeniet en graniet is alleen, dat het kwartsarmer is. Het s. g. is 2,5—2,94, de drukv. iets hooger dan van graniet.
Zuid Noorweegsch Labrador (ook genaamd Royal Blue, Emerald). Donkergroen en blauwgrijs, middel- tot grofkorrelig met blauwachtige nuances door de veldspaten. Hierop gelijkend het Russische Labrador uit Wolhynië.
Ook in Bohemen („Boheemsch Syeniet"), enz. variëteiten.
Het oude Syene in Egypte, waaraan het zijn naam ontleent, blijkt in werkelijkheid graniet te zijn.

Porphier.

Porphier wordt evenals het graniet voor siersteen gebezigd en is nog onverwoestbaarder dan dit. Het kan zeer fraai gepolijst worden. Het porphier uit Elfdalen in Zweden wordt tot tafelbladen, enz. geslepen en gepolijst.

Het kenmerk van porphierstructuur is een egale grondmassa (schijnbaar nietkorrelig), waarin duidelijk herkenbare grootere kristalafscheidingen opgesloten zijn. Men spreekt van kwartsporphier, als die opgesloten stukken vooral uit kwarts bestaan. De naam is afkomstig van het Grieksche „porphyra" = purperkleurig.

Het hoofdgebruik van dit gesteente is voor plaveisel, daar de lagen veelal scheuren hebben, doch grootere blokken zonder gebreken zijn uitnemend voor bouw- en sierdoeleinden geschikt.

Roode Löbejüner Granietporphier. Afkomstig van Halle-Landsberg. Bleekrood kwartsporphier. Drukv. 1605—2029 KG/cM².

Tirol, Sterzing (Zuid-Tirol). In twee soorten: zwartbruin en roodbruin. Kwartsporphier, drukv. 851—2410 KG/cM².

Elfdalen, Dale (Zweedsch porphier). In versch. kleuren: Blyberg donkerbruin, Rännas zwartbruin, Bredvard gelijkmatig rood, Klittberg purperkleurig lichtrood.

Diabaas.

Het woord diabaas stamt af van het Grieksche „diabasis" hetwelk overgang beteekent.

Het is een groenig taai gesteente, dat meestal een „ophitische" structuur heeft, d. w. z. balkvormige bestanddeelen, waarbij de holten er tusschen opgevuld zijn b.v. door augit.

Bij grove korrel is de kleur groen en wit gevlekt, bij fijne korrel gelijkmatig zwartgroen. Gebruik evenals bij porphier. De handelsnaam voor lichtkleurige soorten is meestal „syeniet", ook diorietporphier, voor de zeer donkere: „zwart graniet".

Lausitzer Syeniet (Saksen, Noord-Bohemen).

Diorietporphier van het Fichtelgebergte.

Zwart Graniet van Zuid Zweden.

Karlshamm, genaamd „Zweedsch syeniet", zwartgroen en grijs gevlekt.

Dioriet.

Het dioriet is zeer verwant aan het diabaas, heeft hetzelfde S. G. en drukv. Meestal donkergroen en korrelig.

Odenwaldsyeniet (Hessisch Syeniet). Gelijkmatig fijnkorrelig, zwartgroen met witte netachtige teekening.

Gebharts, Schrems. Blauwzwartgroen. (Beneden-Oostenrijk).

Porphyriet.

S.G. 2,4—2,86. Drukv. gelijk kwartsporphier.

Porfido Rosso Antico (antiek en modern Egyptisch porphyr). Dit is het oude „porphyritus" der Romeinen. Bruinrood wordt vooral gebruikt voor sarkophagen, vazen, beelden, enz.

Porfido Verde Antico (antiek Grieksch porphyr). Olijfgroen.

Tuf- en lavasteen.

Hieronder verstaat men alle gesteenten, welke een versteening zijn van de gloeiende steenmassa van vulkanen, dus geen nader bepaald gesteente.

De tufsteen, welke voor bouwwerken wordt gebezigd, is veelal vulcanische tufsteen van poreuze structuur en donkergrijze kleur, w. o. de Leuciettuf uit het Eifelgebergte. De steen is bijna onverwoestbaar door het weer en door het geringe soortelijk gewicht uitnemend geschikt voor den gewelfbouw. Drukv. 750—949 KG/cM².

Hetzelfde kan gezegd worden van de leuciet-basalt-lavasteen uit Niedermendig. en van de Hannebacher Ley. Prijs per M³ f 80 à f 90.

Onder de tufsteensoorten heeft men verder:

Rochlitzer Porphyr of *Stein* (Saksisch). Lichtrood kwartsporphiertuf. Drukv. 225—410 KG/cM².

Nördlinger Trachyttuf (Beiersch). Lichtgrijs, poreus kwartstrachyttuf S.G. 2. Drukv. 354—406 KG/cM².

Weibernstein (Rijnsch). Grijsgeel met kleine poriën (Laacher See). Wordt ook voor ovens gebruikt.

Ettringen (Rijnsch). Ook als Leuciettuf bekend.

Trastufsteen (Rijnsch bij Kruft, Kretz, Plaidt en Nickenisch). Geel, blauwgrijs, trachyttuf met gaten. Drukv. 100 KG/cM². Hoofdgebruik: vermaling tot hydraulischen toeslag.

Trachiet, andesiet.

Trachiet is lichtgrijs of lichtrood van kleur (soms zwart) en min of meer poreus. De steen is in de middeleeuwen in groote hoeveelheden aan den Dom te Keulen verwerkt uit groeven van den Drachenfels in het Zevengebergte, maar is niet zeer weervast gebleken.

Andesiet heeft veel overeenkomst met het trachiet, is evenwel harder, bevat minder Sanidinkristallen, welke tot verweering aanleiding geven en is tevens geheel vrij van koolzure kalk (groeven van den Stenzelberg ten N. van het Zevengebergte).

Serpentijn, peridotiet.

Het serpentijn is zwartgroen, met aan slangen herinnerende vlekken, verkrijgbaar o. a. uit Hessen. Het peridotiet is veldspaatvrij gesteente, waarvan olivin het hoofdbestanddeel is.

Zoblitz (Saksisch serpentijn). Beroemd om de daaruit vervaardigde kunstvoorwerpen. Zwartgroen, ook zeegroen. Soms zwavelgeel en koperrood.

Waldheim (Saksisch serpentijn). Ook voor terrazzo gebruikt. Bruinachtig tot geelgroen.

Talksteen.

Kleberst.n (z. g. Klebersteen, Soapstone, Saponit, enz.) uit Noorwegen is een kristallijn leigesteente en bestaat uit talk en chloriet en wordt aldaar veel gebezigd. Men heeft den steen van zacht tot hard. De harde steen is een zeer goede bouwsteen. de zachte een goede vuurvaste steen. De kleur is groenachtig grijs.

Gipssteen en albast.

Het onderscheid daartusschen is hetzelfde als in wetenschappelijken zin tusschen dichten kalksteen en marmer. Bij het albast hebben nl. de gipsdeeltjes een korreligen kristalvorm — zooals suiker — met van nature zekeren glans. En door de kristalachtige structuur is het lichtdoorlatend vermogen veel grooter dan bij den gewonen steen, dien men daarom „dicht" noemt.

Ook uit Thüringen, Zwitserland, enz. komt wit albast.

Het meeste albast komt uit Noord-Italië nl. Volterra, en Castellina. Het „Castellinamarmer" komt ook in fraaie kunstmatige kleuringen in den handel.

Materialen voor waterbouwkundige werken.

Litteratuur.

J. A. van der Kloes. Onze Bouwmaterialen. 2e druk 1910, geb. f 29.—.
Algemeene Voorschriften. Departement van Waterstaat. Art. 68, 69.

Rijsmaterialen.

De prijzen, zoover niet vermeld nog van vóór den oorlog, gelden op het werk, niet te ver van de plaatsen van herkomst gelegen.

Hollandsch rijshout van waterwilgen, buitendijks driejarig, binnendijks vierjarig hout. Een tiende deel mag elzenhout zijn.

Rijsbossen, lang 2,75 M (minstens 3 rijzen van deze lengte en twee van 2 M) met 45 à 50 en 38 à 40 cM omtrek bij de 2 banden op 30 en 80 cM van de bouteinden. Prijs per 100 bos f 15,— (1920).

Gaarden of latten bossen, lang 2,7 à 2,8 M van 40 latten, met blees, elk met 4,5 à 7 cM omtrek op 60 cM van het bouteinde. Prijs per 100 bos f 45,— (1920).

Haringband (tuinlatten) bossen, lang 2,20 M, elk van 25 latten zonder blees; elke lat 4,5 à 7 cM omtrek op 60 cM van het bouteinde. Prijs per 100 bos f 20,— tot f 45,— (1920).

Kruisband bossen, lang 2 M, elk met 250 bandjes. Elk bandje 3 à 4 cM omtrek op 30 cM van het aardeinde. Prijs per 4 bos of 1000 stuks f 6,— (1920).

Knijpband bossen, lang 1,30 à 1,60 M, elk met 250 bandjes. Elk bandje 2 à 3 cM omtrek op 30 cM van het aardeinde. Prijs per bos of 1000 stuks f 2,50 (1920).

Wiepband bossen, lang 1,10 à 1,30 M, elk met 250 bandjes. Elk bandje 1,5 à 2,5 cM omtrek op 30 cM van het aardeinde. Prijs per 4 bos of 1000 stuks f 2,50 (1920).

Walchersche palen of staken (10 in 1 bos), lang 1,35 M, voor ¼ der levering met 12 à 16 cM en verder met 11 cM omtrek op 60 cM van het aardeinde. Prijs per 100 (10 bos) f 50,— (1920),

Slieten (10 in 1 bos), lang 2,20 M, voor ¼ der levering met 16 à 18 cM en verder met 13 cM omtrek op 60 cM van het aardeinde.

Dijkhorden, lang 2,3 M en breed 0,7 M, met 13 paaltjes van 6,5 à 7 cM omtrek en vlechthoutjes van 4 cM omtrek. Prijs per stuk f 2,— tot f 2,50.

Gemiddeld gaan in 1 M³: 30 bos Holl. rijs, los.
40 „ id. aangedrukt.
20 „ H. haringband.
250 Walchersche palen.

Brabantsch rijshout bestaande uit 4 of 5-jarig eiken-, esschen-, berken- en hazelaarhout; voor ¼ gedeelte is wilgenhout toegelaten.

Rijsbossen, lang 2 M (minstens 3 stuks van deze lengte) met 38 à 40 en 33 à 35 cM omtrek bij de 2 banden op 30 en 70 cM van de bouteinden. Prijs per 100 bos f 2,40 tot f 2,60.

Gaarden bossen, lang 2,7 M van 10 latten, elk met 4 à 5 cM omtrek op 60 cM van het aardeinde. Prijs per 100 bos f 10,— tot f 11,—.

Haringband bossen, lang 2,20 à 3 M van 25 latten, elk met 5 à 8 cM omtrek op 60 cM van het aardeinde. Prijs per 100 bos f 15,— tot f 17,—.

Staken, lang 1,20 M met 10 cM omtrek op 60 cM van het aardeinde. Prijs per 100 stuks f 10,— tot f 11,—.

Gemiddeld gaan in 1 *M³*:
90 bos Brab. rijs, los.
100 „ id. aangedrukt.
22 „ Brab. haringband.
467 „ Brab. staken.

Geldersch- of Limburgsch rijshout van wilgen (waterwilgen 3-jarig) eiken en dennen (beide 8-jarig gewas) en elzenhout.

Rijsbossen, lang 3,8 à 4,40 M met 70 cM omtrek bij den ondersten band op 30 cM van de stameinden en omtrek van 15 cM aan het topeind in de blees. Prijs per 100 bos f 16,— tot f 18,—.

Gaarden of latten, bossen lang als Geldersch rijs; elke lat 8 à 10 cM omtrek op 60 cM van het ondereinde. Prijs per 100 bos f 22,— tot f 25,—.

Kribpalen, lang 1,10 à 1,20 M met 15 cM omtrek op 10 cM van het stameinden Prijs per bos van 10 stuks f 1,20 tot f 1,40.

Schouwsch rijshout van elzen, wilgen en berken, 5—7-jarig gewas.

Rijsbossen in de volle blees lang 1,75 à 1,80 M met 46, 42 en 30 cM omtrek bij de drie banden op 30, 90 en 150 cM van het aardeinde.

Staken, lang 1,4 M (10 in 1 bos); *dubbele* met 25 cM en *enkele* met 16 cM omtrek op 10 cM van het aardeinde.

Gaasterlandsch rijshout van berken in bossen lang 1,3 à 1,6 M met 50 cM omtrek bij den band. Prijs f 8,— tot f 10,— per 100 bos.

Perkoenpalen, lang 1,60 M van eiken of dennenhout. De eerste zijn rond of gekloofd. De ronde, ook de dennen, hebben 30 cM omtrek; de gekloofde 75 cM^2 doorsnede, beide op 10 cM van het aardeinde. Prijs per 100 stuks eiken f 17 tot f 20, dennen f 15 tot f 18. Gecreosoteerde palen f 25 tot f 30 per 100 stuks meer. *Gemiddeld gaan in* 1 M^3 : 45 perkoenpalen.

Masten staken, lang 0,9 à 1,1 M met 15 cM omtrek in het midden met de schors.

Ballast-, stort-, zet- en glooiingsteen.

Klei (s. gew. = 1,6) ruw gestoken of in den vorm van kloetelingen van 10 cM zijde

Grint, riviergrint gebaggerd; prijs per M^3 f 2,50—f 3,—.

Brik of puin (s. gew. = 1,85) minstens de hardheid van boerengrauw. Prijs per M^3 gemiddeld f 4,— tot f 4,50 aan de fabriek (begin 1920).

1 S. T. (scheepston) *gewone stortsteen.*

Prijzen op vlot water vóór het werk bij

steenen zwaar	20—50	KG f 3,—	tot f 4,—
,, ,,	50—100	,, - 4,—	,, - 4,50
,, ,,	100—500	,, - 6,—	,, - 7,—

Met het storten f 0,50 per S. T. meer.

Bij Rijksrivierwerken wordt 1 S. T. steen gesteld op 0,60 M^3.

Vilvoordsche steen, is een sterk kalkhoudende zandsteen. Men onderscheidt: gewone steen, (voor zetsteen met vlakken kant, minstens 6 KG gewicht), gesorteerde steen (trapeziumvormig, lang 25 en dik 8 cM) en afval. De steen is grijs van kleur aan de lucht en in het water harder dan in de groef. Voor nieuwe werken weinig of niet meer toegepast.

Doorniksche of Basèclesteen, donkerblauwe leiachtige kalksteen eveneens in de bovengenoemde drie soorten. Gewone steen met vlakke zijde minstens 50 KG gewicht. Gesorteerde steen met rechte hoeken, breedte 30—40, lengte 40—50 en dikte 20—30 cM.

Basalt.

Basalt wordt hoofdzakelijk ontgonnen in Midden-Duitschland langs den Rijn, Z.-Duitschland, Bohemen Auvergne, Schotland en Ierland.

Het basalt langs den Rijn, de Ahr, en in het Zevengebergte is bijna uitsluitend veldspaatbasalt.

Belangrijke basaltkoppen vindt men in het Zevengebergte als de Minderberg, Wildscheiderberg, Dattenberg, Balkenberg, Petersberg, Oelberg, Expeler Ley, enz. Voor tafelbasalt is de groeve van de Obercasseler Ley meer bekend.

a. *Zuilenbasalt* niet langer dan 1 Meter en grootste dikte 30—35 cM. De zuilen hebben minstens aan één zijde een vlakken kop. Prijs van 1 S. T. zuilenbasalt (lang 0,20—0,35 M) f 7,50—f 8,—. Per M^2 basaltglooiing van zuilenbasalt te rekenen op 0,80 S.T. van basalt lang 0,25—0,35 M en op 0,60 S. T. van basalt lang 0,20—0,25 M.
b. *Tafelbasalt* in regelmatige vierhoekige stukken naar de dikte gesorteerd (zetsteen).
c. *Kogelbasalt* van onregelmatige stukken minstens 20 KG gewicht (ballast- en stortsteen).
d. *Schrotbasalt* of afval uit groeven (stopsteen of ballaststeen, maar dan niet lichter dan 8 KG).

De basalt uit de groeven te Linz aan den Dungkopf hebben ruw kop-oppervlak met meestal grove bolle korrel. Die van den Dattenberg heeft dwars door den

kop een zeer dunnen naad, met voortzetting in één of twee zijden evenwijdig aan de ribben.

Lessinesche steen, groenachtig grijze kleur. Glooiingsteen van minstens 25 KG gewicht; gewone steen minstens 50 KG; afval minstens 10 KG.

Luiksche of Namensche steen (hardsteen). Zetsteen minstens 35—60 KG; stortsteen minstens 5 KG per stuk.

Noorsche of Drentsche steen (s. gew. = 2,16 à 3) afwisselende grootte, glooiingsteen met één of twee platte vlakken, gewicht 75—300 KG. Prijs per S.T. f 7.—

Riet, stroo, enz.

Kaalriet (mat- en dekriet)

zwaar riet (matriet) in bossen van 1 Meter omtrek per 100 bos	f 60,—,	
licht matriet „ „ „ 1 „ „ „ 100 „	- 60,—,	(1920)
3de soort of dekriet „ 100 „	- 40,—,	

idem in bossen van 16 Rijnl. duim (± 47 cM) per 100 bos f 10 à f 14,—.

Het matriet heeft meestal een lengte van 3½ M, licht matriet van 2—3½ M, terwijl dekriet 1 tot 2 M lang is.

Bladriet wordt in bossen gebonden van ± 90 cM omtrek droog. Het wordt gebezigd voor krammat, dekking van velden en strooisel. 1 Schelf bladriet = 500 bossen.

Prijs van 4de soort riet (kramriet en bollendekriet) per 100 bos van 90 cM f 50,—.

Bossen gerste- of haverstroo van 1 M omtrek per 100 KG	f 2,—	tot	f 2,50
„ tarwe glui „ 1 „ „ „ 100 „	-	„	- 2,80
„ rogge „ „ 1 „ „ „ 100 „	- 2,50	„	- 3,—

Rogge glui is het beste, langste en taaiste stroomateriaal.

Gemiddeld gaan in 1 M^3: 4 bos groen bladriet.
7,5 „ droog dekriet.
53 KG stroo in bossen.

Metalen.

Litteratuur.

A. Vosmaer.	Practisch werktuigkundig hulpboek. Metalen en alliages: W. L. en J. Brusse. Rotterdam, 1912 geb. f 5.75.
A. Ledebur.	Handbuch der Eisenhüttenkunde. 3 Bde.
	Bd. I. Einführung in die Eisenhüttenkunde.
	Bd. II. Das Roheisen und seine Darstelling. id. id.
	Bd. III. Das schmiedbare Eisen und seine Darstellung
	Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei. 1901, 18 Mk.
”	Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege.
”	Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke.
Bernhard Osann.	Lehrbuch der Eisenhüttenkunde. Wilh. Engelmann. Leipzig 1915.
Idem.	Lehrbuch der Eisen- u. Stahlgîesserei, idem.
A. Messerschmitt.	Kalkulation und Technik der Eisengiesserei: I Kalkulation; II Technik.
J. A. van der Kloes.	„Onze Bouwmaterialen”. 6 deelen.
idem.	„Handleiding voor den metaalbewerker, meer in 't bijzonder den smid.” 3e druk 1915. Brill. Leiden f 4.90.
Prof. E. Heyn u. Prof. O. Bauer.	„Metallographie”. Sammlung Göschen 1909. 1 Allgemeiner Teil. 2 Spezieller Teil. per deeltje M —.90.
Dr. A. F. Holleman.	Leerboek der Anorganische Chemie. 5e druk 1915. f 8.— Wolters.
Prof. Dr. H. Wedding.	Grundriss der Eisenhüttenkunde.
C. A. M. Balling.	Die Metallhüttenkunde, Gewinnung der Metalle.
Dr. K. Bornemann.	Die binären Metallegierungen I—II.
T. Osmond.	Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone.
Paul Goerens.	Einführung in die Metallographie.
J. W. Mellor.	The crystallization of iron and steel.
Dr. A. Neuburger.	Handbuch der praktischen Elektrometallurgie.
L. A. van Royen en I. P. de Vooys.	Mechanische Technologie, deel I.

IJzer.

Ertsen.

Roodijzersteen: (*ijzerglans* of kleiijzersteen) met 65 à 69 % ijzer in den vorm van ijzeroxyde Fe_2O_3 en de rest uit kalk, magnesia, aluminiumoxyde, kiezelzuur, tot 2 % mangaan, ± 0,2 % phosphor en enkele honderdste deelen zwavel bestaande. (Bessemer proces). Het is het beste erts en komt in groote hoeveelheden uit N. Spanje (Bilbao).

Magneetijzersteen:

Voornamelijk een verbinding van ijzeroxyde met ijzeroxydule, Fe_3O_4 met 45—72 % ijzer, in Zweden (Midden-Zweden Grängesberg en Norberg, Dannemora in Upland), Noorwegen, den Oeral. Het Zweedsche ijzererts uit Grängesberg bevat slechts weinig andere bestanddeelen, alleen het phosphorhoudend mineraal apatiet.

Bruinijzersteen:

In den vorm van hydroxyden Fe_2O_3 in colloïdalen toestand het meest verbreide erts (bruine glaskop, ijzeroer). Het wordt voornamelijk gevonden in Engeland, Opper-Silezië, Lotharingen en Luxemburg (Minetten, kiezel- en kalkachtige met 32 tot 38 % ijzer). Vooral het laatste is rijk aan phosphor. (Gebruikt bij de ijzerbereiding volgens het Thomasproces.) IJzergehalte ± 50 %. Ook in ons land (Overijsel) wordt ijzeroer gevonden.

Spaatijzersteen:

In den vorm van carbonaten $FeCO_3$ gemengd met mangaan, calcium, MgCO ; bevat ± 40% ijzer. Daar het veel mangaan bevat, tot 10% toe, en een weinig phosphor

kan het alleen op speciale ijzersoorten (Bessemer, spiegelijzer en mangaanijzer) worden verwerkt. Het erts wordt voornamelijk in Stiermarken gevonden. Aan het erts verwant is het sphärosiderit, dat veel aluminium bevat.

IJzererts houdt op smeltwaardig te zijn, als zijn ijzergehalte minder dan 25 % bedraagt.

IJzersoorten.

Ruwijzer heet het product uit den hoogoven verkregen, dat in broodvormige stukken in den handel gebracht wordt. Al naar den aard der verwerkte ertsen krijgt men een wisselende samenstelling van het ruwe ijzer en kan men onderscheid maken in *wit* en in *grauw* ruwijzer. Daarnaast treft men ook ruwijzer aan, dat rijk is aan mangaan (mangaanijzer of ferromangaan) dat ook *spiegelijzer* wordt genoemd om de talrijke spiegelende oppervlakjes op de breuk. Het mangaangehalte is daarbij minimum 30 % en kan tot 80 % stijgen.

Wit ruwijzer bevat de koolstof in chemische verbinding met het ijzer; in grauw ruwijzer is de koolstof meer als graphiet gescheiden. De breukvlakken zijn bij het eerste daarom glinsterend wit.

Grauw ijzer bevat 2 tot 4 % koolstof en 1.5 tot 12 % silicium, heeft een s. gew. van ca. 7,2, een drukvastheid van ca. 75 KG/mM² en smelt bij 1200° C.

Wit ruwijzer heeft in doorsnee iets lager koolstofgehalte, een s. gew. van ca. 7,5 en een smeltpunt van ca. 1000° C.

Wit ruwijzer vormt de grondstof voor de bereiding van smeedijzer en staal langs den drogen weg; grauw ruwijzer wordt gebruikt in de ijzergieterijen en voor sommige vloeibare staal- en smeedijzer-bereidingen.

Naar gelang de bereiding uit het ruwijzer in vloeibaren of deegachtigen toestand plaats heeft, onderscheidt men vloei- of welijzer. Bij 0,05 tot 1,6 % koolstof is het ijzer smeedbaar, bij meer dan 2,3 tot 6 % is het ijzer gemakkelijk gietbaar en onsmeedbaar. IJzer met 1,6 tot 2,3 % koolstof wordt in de techniek niet gebezigd. Het uit den hoogoven verkregen ruwe grauwe en spiegelijzer wordt voor zekere doeleinden somtijds nog gereinigd door smelten in zg. kupolovens, waardoor het siliciumgehalte daalt en de structuur fijnkorrelig wordt.

Het ruwijzer is in den handel in nummers:

Nr. 1 is grofkorrelig en donkergrijs.

„ 2 komt meestal niet in den handel.

„ 3 is fijner van korrel dan no. 1 met vaak geringer Si-gehalte; kleur der breuk helder grijs.

No. 4 is nog fijner van korrel dan no. 3.

Een bijzonder soort is het Hematitijzer met zeer laag gehalte aan zwavel en phosphor, ongeveer 0,05, dikwijls beneden 0,03 %.

Het Neder-Rijn-Westfaalsche ruwijzer bevat ongeveer 2—3,5 % Si, 3,6—4,2 % C, 0,3—0,8 % P, 0,8—1,5 % Mn.

Het Luxemburgsche ruwijzer bevat ongeveer 2—3,5 % Si, 3,5—3,8 % C, 1,5—2 % P, 0,4—0,6 % Mn; het komt als no. 1 niet in den handel.

Houtskoolruwijzer bevat gemiddeld 2 % Mn, 0,2 % Si, 0,03 % S en 0,07 % P.

Gietijzer heeft een koolstofgehalte van 3—3,5 %, zelden 4 %. Het krimpt bij het stollen ongeveer 1/63 tot 1/135, gemiddeld 1 %.

Naar gelang van de hoedanigheid der gieting onderscheidt men:

a. ruw gietijzer voor waren, welke na gieting geen bewerking ondergaan,
b. machinegietijzer voor machinedeelen,
c. bouwgietijzer voor bouwkundige onderdeelen,
d. hardgietijzer „hartgusz", verkregen met bijzonder samengesteld ruwijzer, waarbij het oppervlak door plotselinge afkoeling wordt gehard. Dit geschiedt in metalen vormen, welke door hun groot warmtegeleidend vermogen veel warmte aan het gietstuk onttrekken en het ruwijzer in wit gietijzer omzetten. Het inwendige is evenwel grauw gietijzer. Alle gietijzer, dat geen buitensporige hoeveelheid silicium bevat, is glashard te maken door afkoeling in water uit geelgloeihitte.

Smeedbaar gietijzer ook wel *tempergusz* genoemd, is gewoon ruwijzer, waarvan men gedurende de omsmelting het koolstofgehalte iets verlaagt door het toevoegen van smeedijzer-afval (tot 70 %). Het mangaan- en siliciumgehalte wordt daardoor tevens zoo laag mogelijk gehouden. De van dit metaal gegoten voorwerpen laat men langzaam afkoelen en daarna gloeien in ovens tusschen fijn gewreven zuurstofhoudende bestanddeelen als hamerslag, roodijzersteen, enz. waardoor koolstof aan het ijzer wordt onttrokken en het gietijzer zachter wordt. Het zachter maken gelukt

slechts op geringe diepte, zoodat het proces alleen wordt toegepast op gietstukken van geringe diepte. De trekvastheid van smeedbaar gietijzer is 25 KG/mM², de rek ongeveer 2 %.

Voor verbetering van het gietijzer wordt veelal t i t a a n toegevoegd, waardoor het fijn van korrel en minder broos wordt en het vormen van blazen bij het gieten voorkomen wordt. De toevoeging bedraagt ½ tot 1 % titaan.

IJzer en staal.

In Engeland, Amerika, Frankrijk en België betitelt men met den naam *staal* al het materiaal, hetwelk in vloeibaren toestand verkregen en smeedbaar is. Men sluit daar dus het giet- en het ruwijzer uit en noemt de rest staal, als het gesmolten is geweest, in tegenstelling met het welijzer, dat bij de bereiding alleen deegachtig, doch als zoodanig nooit gesmolten is geweest.

Een betere systematische indeeling geeft het volgende schema in 1876 door een internationale commissie vastgesteld:

Ruwijzer.

- I. Niet smeedbaar.
- II. Wel smeedbaar.
  - a. Hardbaar.
    - a. In vloeibaren toestand verkregen. Smeltstaal (vloeistaal).
    - b. Niet in vloeibaren toest. verkregen. Welstaal.
  - b. Niet hardbaar.
    - a. In vloeibaren toestand verkregen. Smelt(vloei)-ijzer.
    - b. Niet in vloeibaren toest. verkregen. Welijzer.

De vroegere en nog in Duitschland geldende onderscheiding van smeedijzer en staal naar het gehalte aan koolstof is niet juist meer, daar tegenwoordig hardbare ijzersoorten met gering koolstofgehalte bij hoog gehalte aan mangaan, silicium, wolfram en chroom worden vervaardigd. Een scherpe grens is in dezen niet te trekken.

Het smeedijzer- en staal, dat niet in vloeibaren toestand is verkregen, heeft een smeltpunt tusschen 1400 en 1600° C., het s.gew. is 7,8. Het in vloeibaren toestand verkregen ijzer, dat minder slakken bevat als het vorige, heeft een s. gew. van 7,85, terwijl de trekvastheid hooger is.

Naar de bereidingswijze kunnen de ijzer- en staalsoorten worden onderscheiden als volgt:

Welijzer en staal.

1. *Haardfrischijzer en staal* d. i. het ijzer bereid volgens de oudste wijze door frisschen in open haarden, bijna niet meer toegepast.

2. *Puddelijzer en staal*, tegenwoordig uitsluitende bereiding van smeedijzer door het puddelen van ruwijzer in overwelfde vlamovens. Voor het verkrijgen van staal wordt het uitdrijven van de koolstof niet zoo ver doorgevoerd als bij het smeedijzer. Houdt men 0,5 tot 2 % koolstof over, dan krijgt men staal, dat gehard en geweld kan worden (smeedstaal). Bij grooter koolstofgehalte gaat de welbaarheid verloren.

Het verfijnen van welstaal heeft plaats door raffineeren of omsmeden, waarbij het staal in platte staven wordt uitgerekt, stukgeslagen en dooreengeweld. Men verkrijgt hierdoor een gelijkmatige staalsoort, welke weinig minder is dan het kroezenstaal.

3. *Afvalijzer*, d. i. smeedijzer aaneengeweld door het pakketteeren van oud ijzer.

4. *Cementstaal*, bereid uit smeedijzer door inpakking en uitgloeiing in houtskool in z. g. cementeerovens en daarna pakketteeren of omsmelten. Het oorspronkelijk koolstofgehalte van ¼ % is daarbij tot ½ à 1½ % geworden. Door het omsmelten in kroezen, zooals te Sheffield wordt toegepast, krijgt men het Engelsche staal, dat zich uitstekend leent voor gereedschappen voor metaalbewerking. Doordat het staal uit het beste Zweedsche ijzer vervaardigd wordt en een kroes na een paar smeltingen niet bruikbaar meer is, is de prijs van dit staal hoog.

Naar den hardheidsgraad kan men de volgende soorten onderscheiden.:

Scheermessenstaal	1½ %	koolstof	
Draaibeitelstaal	1¼ %	,,	
Borenstaal	1¹/₈ %	,,	
Beitelstaal	1 %	,,	taai in ongeharden staat en kan bij niet zeer groote hitte gehard worden).
Zethamerstaal	⁷/₈ %	,,	(kan zonder moeite geweld worden).
Matrijzenstaal	¾ %	,,	(gemakkelijk welbaar).

Smelt- of vloeiijzer en staal.

1. *Bessemer ijzer en staal*, welke volgens het vloeibare „zure" proces door gebruik van siliciumrijk (grauw) ruwijzer wordt bereid. De ontkoling wordt hierbij verkregen door ingeblazen lucht en de temperatuur door verbranding van de in het ijzer aanwezige nevenbestanddeelen voornamelijk het silicium. Het Engelsche Bessemerstaal wordt verkregen uit ijzer met hoog Si-gehalte (1,8—2 %) en weinig mangaan. Het Duitsche Bessemerstaal wordt vervaardigd uit minder siliciumrijk ijzer (1,2—2 %) maar meer mangaan (1—3 %). Het Bessemerijzer en -staal staat, wat taaiheid betreft, ten achter bij de hieronder volgende soorten. Het dient voor fabrikatie van balkijzer, rails en voor vormgietstaal.

2. *Thomasijzer en staal* bereid volgens het vloeibare „basische" proces, waarbij wordt gebruik gemaakt van phosphorhoudende ertsen. Het levert gelijk materiaal als hiervoor en tevens platen.

3. *Siemens-Martin ijzer en staal*, bereid met den regeneratoroven van dien naam en dat verkregen wordt door omsmelting van ertsen in vlamovens van dien naam. Het „zure" procédé dient voor de vervaardiging van platen en gietstaal en het „basische' geeft alle kwaliteiten vloeiijzer.

Kroezenstaal of gegoten staal (vormgietstaal) wordt verkregen door een speciaal soort ruwijzer met smeedijzer in gesloten kroezen om te smelten. Daar de kroezen slechts voor een beperkt aantal smeltingen gebruikt kunnen worden, is het kroezengietstaal kostbaar. Het gieten van staal uit kroezen wordt tegenwoordig veelal uitsluitend voor gereedschapstaal en fijn werk toegepast. Voor groote vormgietstukken past men het Siemens-Martinstaal toe. Tegenwoordig kan men aan de groote fabrieken degelijke gietstukken maken met niet meer dan 0,1 à 0,15 % koolstof en een mangaangehalte van 0,2 à 0,3 %.

Onder *Mitisgusz* of *Weichgusz* verstaat men gietstukken van geringe afmetingen, welke uit in kroezen gesmolten zacht smeedijzer onder toevoeging van aluminium worden vervaardigd.

Triplexstaal is de benaming voor een soort staal, dat in N. Amerika langs electrischen weg gewonnen wordt. Het is meerdere malen behandeld vóór het zoo goed mogelijk gezuiverd is. De behandeling geschiedt eerst in gewone Bessemer of Martinovens en dit verkregen staal wordt dan gegoten in electrische ovens, waar het verder gezuiverd wordt en bepaalde bijmengselen krijgt.

Gegoten smeedijzer en smeedstaal.

Dit materiaal, ook „Formgusz" genoemd, is een produkt der Siemens- en Thomasovens. Het heeft ongeveer dezelfde eigenschappen als gewalst ijzer en staal en is zoowel in onverhitten als in gloeienden toestand hamerbaar

Zweedsch ijzer en staal.

Het Zweedsche ijzer- en staal wordt uit zuivere ertsen bereid, waarbij gebruik gemaakt wordt van houtskool in plaats van cokes. Het behoort tot de allerbeste soorten en wordt veel voor gereedschappen gebezigd.

Armco, het product van de American Rolling Mill Cy., is nagenoeg chemisch zuiver ijzer.

Stainless steel (niet-roestend staal) bevat 12—14 % chroom, is daardoor zuurvast. Het staal is iets moeilijker te bewerken dan de gewone soorten.

Onderstaande tabel geeft de natuurlijke samenstelling van vloeiijzer- en staal in percenten aan, welke voor verschillende toepassingen gebezigd worden, terwijl de lijst op bldz. 561 van een speciaal fabriek nog nadere analyses geeft:

Toepassing	Koolstof	Silicium	Mangaan	Phosphor	Zwavel
Harde gietstukken	1,35	0,30	0,85	0,02	0,01
Onderdeelen van machines	0,4—0,8	0.2—0,5	0,4—0,7	0,1—0,02	0.01
Stalen assen	0,3	0,16	0.76	0,02	0,03
Staalgietstukken	0,2—0,6	0,2—0,5	0,5—1	0,1	0,02
Balkijzer	0,08—0,15	0,2	0,4—0,6	0,08	0.02
Rails	0,25—0,35	0,2	0,4—0,5	0,06—0,10	0,02—0,06

Smeedijzersoorten en haar eigenschappen.

Het welijzer wordt om te bewerken in het algemeen nog steeds door den smid verkozen boven het smeltijzer. Het eerste is taaier en draderig op de breuk, terwijl

het hardere smeltijzer op de breuk een grijze fijne korrel zonder draad vertoont. Toch heeft men goed te bewerken smeltijzersoorten. Zij eischen echter meerdere ervaring.

Gewoonlijk is het Engelsch ijzer met de merken O R, P C, B C e. a. slecht; beter is het Lowmore-ijzer uit Bradford en het Leeuw-ijzer uit Staffordshire; ook het Duitsche ijzer als W B, W B kroon, P L H is veel beter. Het S P Zweedsch ijzer is taai evenals het Amerikaansche ijzer, dat evenwel moeilijk te wellen is.

Een uitstekend taai ijzer is ook het zoogenaamde Dalzellstaal. Voor moeilijk te vervaardigen smeedstukken wordt dan ook in het algemeen het S P Zweedsche ijzer gekozen; na dit ijzer kan worden genoemd het P L H kroonijzer voornamelijk voor hoef- en wielbeslag, evenals het Duitsche kroonijzer en het B B H en W B kroonijzer.

Voor eenvoudig werk als ankers, enz. gebruikt men veelal ordinaire soorten als Belgisch nr. 2, Engelsch O R en B C.

Prijzen per 100 KG:	Mei 1920	vóór den oorlog
Zweedsch ijzer S P	f 80.—	f 14,—
Ordinair B C (Belg. nr. 2) ijzer		- 7,25
Achtkant.		- 8,—
Duitsch kroon B welijzer	- 34.—	- 9,—
Best Duitsch kroon W B welijzer	- 38.—	- 12,50
Amstel kroon vloeiijzer		- 8,25
Best Duitsch Siemens Martin vloeiijzer		- 9,25

In Mei 1920 waren de prijzen in Nederland voor W. A. Kroonstafijzer (vloeiijzer) ongeveer f 33 per 100 KG en de overprijzen voor kwaliteit Siemens-Martin f 2 per 100 KG hooger dan voor Thomasvloeiijzer.

Speciale staalsoorten en haar eigenschappen.

Het gewone *koolstofstaal*, d. i. staal, waarin behalve koolstof geen andere elementen voorkomen. Koolstof vergroot de absolute vastheid van staal; met elke 0,1 % C komt een trekweerstand van ± 6 KG per mM^2 overeen. De max. vastheid ligt bij ± 1 % C. De koolstof komt in minstens 4 modificaties voor in staal; in gewoon staal is deze een carbide (Fe_3C). In normaal staal bedraagt de belasting, waarbij de elasticiteitsgrens bereikt is, zoowat de helft van de belasting, waarbij breuk intreedt. De drukweerstand van staal is niet bijzonder groot (50—130 KG); de trekweerstand ligt tusschen 35 en 100 KG (in speciaal draad zelfs tot 300 KG). De verlenging beweegt zich tusschen 20 en 30 %. Globaal kan worden aangenomen, dat elke 0,1 % C meer, de uittrekking met 4 % vermindert. De hardbaarheid neemt toe met stijgend C-gehalte. De smeedbaarheid en bewerkbaarheid neemt af met toenemend C-gehalte, de smeltbaarheid wordt er echter door bevorderd.

Mangaanstaal. De invloed van het mangaan op de hoedanigheid van staal is zeer groot. Boven 1 % Mn gaat de qualiteit achteruit, bij 10—14 % krijgt het staal evenwel bijzondere eigenschappen. Bij lager mangaangehalte is de hardheid buitengewoon groot; bij toenemende hardheid vermindert de taaiheid niet, maar neemt toe. Mangaanstaal met 14 % Mn heeft een trekweerstand van 100—110 KG en een verlenging van 50—45 %.

Het mangaan bevordert ook de smeedbaarheid. Terwijl 1½ % koolstof al de grens voor smeedbaarheid is, is 20—22 % Mn-staal met 2 % C nog smeedbaar. De magnetische eigenschappen gaan evenwel verloren. Het staal is doelmatig voor radbanden, schijven van breekmachines of pennen van baggeremmers en voorzoover de machinedeelen zich leenen tot bewerking met slijpsteenen.

Chroomstaal. Chroom vergroot in zekere mate den trekweerstand van staal, in sterke mate den weerstand tegen druk of stoot. Het staal is gemakkelijker hardbaar en bij lager temperatuur, hetgeen een groot voordeel is met het oog op inwendige spanningen. In 't algemeen is het chroomstaal koolstofstaal met een gehalte van 0,5—1,5 % Cr. De smeedbaarheid is maar betrekkelijk. Het staal wordt het meest gebruikt voor gereedschappen, als draaibeitels.

Wolframstaal. Het wolframmetaal zelf is een zeer hard poeder, dat zeer moeilijk te smelten is. Het maakt het staal zeer hard, als het in betrekkelijk groote mate (8 à 9 %) aanwezig is, maar doet het zeer in taaiheid verminderen. Een andere eigenschap van het staal is het groote permanent magnetisme. Voor verwerken is het te hard en daar het grootere neiging heeft om te verbranden dan het chroomstaal, is het nog moeilijker er gereedschappen van te maken, welke evenwel zeer goed zijn en alleen met hooge kosten zijn te vervaardigen.

Naast het wolfram bezit het staal altijd een hoog koolstofgehalte, meestal 1—2 %. Voor stootend werk is een wolframstalen beitel niet geschikt, wel voor draaiwerk met doorloopende snede.

Nikkelstaal. Het nikkel in staal geeft groote taaiheid, zonder dat de hardheid veel vermeerderd wordt, zooals bij mangaanstaal. De homogeniteit van het staal gaat er bij vooruit en is tevens oorzaak van den grooten rek. De drukweerstand neemt met stijgend nikkelgehalte toe tot zeker gehalte, waarop hij plotseling afneemt. Het nikkelstaal laat zich gemakkelijk bewerken, smeden en wellen (tot 1 % nikkel); 25 % nikkelstaal roest niet en is niet magnetisch. De prijs is evenwel hoog en maakt, dat het minder gebruikt wordt (vóór den oorlog ongeveer f 120 per ton voor 4 % nikkelstaal en f 420 per ton voor 25 % staal).

Dit staal wordt gebruikt voor schroefassen en zou, als de kosten niet zoo hoog waren, een voorbeeldig materiaal zijn voor ketelplaten en buizen van waterpijpketels wegens het roestvrij zijn. Verder is het zeer geschikt voor pantserplaten en projectielen. Het gebruik er van in den bruggenbouw neemt toe, zoowel voor bouten als voor het constructie-ijzer.

Molybdeen geeft aan het staal ongeveer dezelfde eigenschappen als het wolfram en wordt als staal gebezigd voor den binnenkant van kanonnen en voor magneten.

Vanadium geeft bij een gehalte van 0,1 tot 0,5 % een sterke staalsoort, die bestand is tegen trillingen (assen van auto's). Hetzelfde geldt ook voor *titaan* en *boor*. Ook *zirkoon* maakt het staal sterker, vooral de weerstand tegen rek en de elasticiteit worden groot.

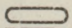
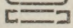
Gereedschapstaal.

Het gereedschapstaal wordt gewoonlijk onderscheiden in 1e en 2e kwaliteit. Het staal van de 1e kwaliteit wordt ook genoemd prima staal, kroezenstaal en electrostaal, terwijl de 2e kwaliteit ook onder de benamingen gezuiverd staal, gietstaal, Siemens-Martin-gereedschapstaal in den handel voorkomt. Het tweede staal is goedkooper, maar daarom voor vele doeleinden niet minderwaardig. Het voordeel van 1e kw. staal is, dat het tengevolge van de zuiverheid beter gehard kan worden, zonder dat er scheuren optreden. Voor gereedschappen, welke ongehard gebruikt worden, geve men de voorkeur aan het staal met het grootste kwaliteitscijfer en dit is voor beide soorten ongeveer gelijk, alleen heeft gesmeed staal iets grooter vastheid dan gewalst staal. Gesmeed staal is daarom voor ongeharde gereedschappen te verkiezen. Beitels en puntijzers, welke alleen voor een kort gedeelte worden gehard, behoeven evenmin van het prima staal gemaakt te worden.

Het *gegoten* gereedschapstaal heeft men in hardheid van taai-, taai-hard, middelhard en hard. Het zachte of taaie staal kan eenvoudiger bewerkt worden dan het harde, en loopt minder gevaar van scheuren bij het harden.

Voor smidsgereedschap kan men gebruiken het Staffordshire giet- of kroezenstaal en verschillende Duitsche soorten als het merk „Panther" van Gebr. Böhler en Co., het merk „Janus" van Ed. Dörrenberg en Söhne, Driesporen en Drie-olifantenstaal, enz. Voor steenbeitels, enz. is het kroezenstaal van Böhler (extra middelhard) doelmatig.

Het Engelsche staal komt in den handel in de volgende afmetingen:

ronde doorsnede van 1/4 tot 4″ (voor boren, hippels, draaibeitels, tappen, taatsen, kotters, fraisen, enz.)
vierkante „ „ 1/4 „ 2 1/2″ (idem).
achtkantige „ „ 3/4 „ 1 1/2″ (voor snappers, mijnboren en steenhouwersgereedschap)
 „ „ 1/2 × 3/8 tot 1 1/2 × 1 1/4″ (voor beitels).
 „ „ 1 × 1/4″ „ 6 × 1 1/2″ (voor beitels, schaarmessen, matrijzen).

Het gegoten gereedschapstaal moet bij het smeden en harden op de juiste hitte worden gebracht. Het vuur mag niet uit versche steenkool bestaan, maar moet eerst zoover doorgebrand worden, tot alle vluchtige zwaveldeelen verwijderd zijn. Het verwarmen moet in het algemeen in een niet al te heet vuur, zoo langzaam mogelijk en onder voortdurend draaien van het stuk staal geschieden. Zware stukken moeten door en door gelijkmatig verwarmd worden. Het stuiken moet worden voorkomen en na het uitsmeden van de snijkanten moet zooveel staal overblijven, dat het buitenste oppervlak kan worden weggewerkt. Aanbevelingswaardig is het uitgloeien van het gereedschap door het gelijkmatig donkerrood te verwarmen en onder droge kolenasch te laten afkoelen. Het verwarmen en verharden van klaargesmeed gereedschap moet liefst in houtskoolvuur geschieden.

De hardingstemperatuur is afhankelijk van de natuurlijke hardte, alzoo van het koolstofgehalte en is in het algemeen niet hooger dan licht- of kersrood-gloeihitte. Het hardingswater mag geen lagere temperatuur bezitten dan 20° C.; het hardingsvermogen kan worden verhoogd door bijvoeging van 2 à 3 % keukenzout.

Bij het wellen moet alleen de oppervlakte week worden. Men verhit het staal daartoe tot lichtgeel gloeihitte. Om het verbranden te voorkomen, bedekke men het stuk met potasch, gedroogde klei, pijpaarde of borax. Nadat het bij de verhitting gevormde hamerslag verwijderd is, wordt op het stuk, voordat de laschtemperatuur bereikt is, het wel- en laschpoeder gestrooid. De te lasschen stukken neme men daarna snel uit het vuur en drukt of slaat ze aaneen. Hierna legt men ze weder in het vuur en herhaalt de bewerking met welpoeder onder minder hooge temperatuur, om ze daarin flink aaneen te smeden.

Het staal kan men zachter maken door het na donker-kersroode hitte af te koelen tot het zwart ziet en daarna af te koelen in afkookwater van bruine boonen. Ook kan men het met talk bedekken en tot roodhitte in houtskoolvuur verwarmen en daarna afkoelen. Hars maakt het staal taai, wanneer dit heet er in gedoopt wordt en daarna wordt gesmeed.

Prijzen van diverse staalsoorten franco spoor of boord te Amsterdam vóór den oorlog:

Bessemer staal gewone afmetingen	f 11,25	per 100 KG
Veerenstaal best Engelsch	- 18,75	,, ,, ,,
,, Duitsch	- 13,50	,, ,, ,,
Gegoten staal (prima)	- 75,—	,, ,, ,,
Best snijstaal 3 maal geraffineerd	- 55,—	,, ,, ,,
Janusstaal	- 65,—	,, ,, ,,

In Mei 1920 waren de grondprijzen ongeveer voor:

Veerenstaal prima Duitsch	f 65,—	per 100 KG
,, natuurhard	- 67,50	,, ,, ,,
Gegoten gereedschapstaal Duitsch	- 110,—	,, ,, ,,
,, ,, Engelsch	- 150,—	,, ,, ,,
Sneldraaistaal Engelsch	- 850,—	,, ,, ,,
Smeestaal Duitsch	- 105,—	,, ,, ,,
Snijstaal	- 85,—	,, ,, ,,
Zweedsch ijzer	- 60,—	,, ,, ,,

Basisch en speciaal Martinstaal van de „Vereinigte Stahlwerke van der Zijpen en Wissener Eisenhütten A. G."

Graad van Hardheid No.	Vastheid in KG per □ m/m	Rek in % op 200m/m staaflengte	Max. contractie in %	Koolstofgehalte %	Phosphorgehalte %	Nadere omschrijving van het materiaal met opgave van het doel, waarvoor het gebruikt kan worden.
00	30—34	32—40	80	0,05	slechts sporen	Extra zacht Vloeiijzer: bij uitstek laschbaar; voor dynamoplaten, naadlooze pijpen, gewelde pijpen, klinknagels, schoennagels, bouten, hoefstafijzer, etc.
0	34—37	28—34	75	0,06	sporen tot 0,03	Zacht Vloeiijzer: goed laschbaar, voor zacht qualiteitsdraad, kaarddraad, klinknagels, bouten, geweerdeelen, vlakringen voor lokomotieven, hoekstáfijzer, schoffels, etc.
I	37—44	22—32	60	0,07-0,11	0,02-0,05	Vloeiijzer Handelsqualiteit: van plat, rond, vierkant, scherp, hoek- en T-ijzer.
II zacht	39—45	25—30	50	0,12-0,18	0,02-0,06	Homogeen-Vloeiijzer (siliciumhoudend): Laschbaar, voor kettingen, draad, naadlooze pijpen, machinedeelen, overbrengassen, geweerdeelen, wielschijven, allerhande profielijzer.
II hard	45—51	20—28	50	0,18-0,25	0,02-0.06	Homogeen-Vloeiijzer: Nog goed laschbaar, voor schoffels, spaden. assen, machine- en locomotiefdeelen, mijnrails en wielschijven.
III zacht	48—55	16—26	45	0,22-0,30	0,03-0,07	Zacht Vloeistaal: Niet hardbaar, voor assen, overbrengassen, gewone geweerloopen.
III hard	55—61	16—24	42	0,30-0,35	0,03-0,07	Zacht Vloeistaal: Slechts weinig hardbaar, voor assen, banden, rijwiel- en auto-onderdeelen. zuigerstangen, zachte draaipennen, etc.
IV zacht	58—65	15—22	35	0,35-0,40	0,03-0,07	Middelhard Staal: Eenigszins hardbaar, voor tramassen, bandages, tandraderen, vorken, rijwielnaven, ploegscharen, houweelen, dynamoassen.
IV hard	65—71	14—20	35	0,40-0,45	0,03-0,07	Middelhard Staal: Goed hardbaar, voor tramassen, bandages, tandraderen, spoorwagonveeren, spiraalveeren, zware hamers, matrijzen.
V zacht	68—75	12—20	32	0,45-0,50	0,03-0,07	Middelhard Staal: Goed hardbaar, locomotief- en trambandages, tandraderen, geweerloopen, vijlen, rijtuigveeren, harde draagveeren, spiraalveeren.
V hard	75—81	10—18	30	0,50-0,55	0,03-0,07	Hard Staal: Goed hardbaar, (voorzichtig te harden in water) locomotiefbandages, messen, rijwielspaken, paraplueveeren.
VI	80—90	6—14	25	0,55-0,70	0,03-0,07	Hard Staal: Goed hardbaar (in olie harden), bandages, scharen, boren, kogels, draaistaal, schavenstaal, projectielen, staal voor kogellagers.
VII	90-100	5—10	20	0,70-0,80	0,03-0,07	Zeer hard Staal: Goed hardbaar (in olie harden), voor trambandages, zinkstaal, steenboren, tappen, kogels, projectielen.
VIII	100 en meer	0—10	15	0,80 en meer	0,03-0,07	Natuurhardstaal: voor hardwalsen, kogels, oorlogsmateriaal.

IJzermarkt en ijzermarktprijzen. *)

Duitsch ijzer.

Duitschland bezat vóór den oorlog voor de ijzerindustrie de volgende hoofddistricten: Neder-Rijn—Westfalen; Siegerland en Nassau; Luxemburg—Lotharingen met de Saar; Boven-Silezië en verder de verspreid liggende werken. De Neder-Rijn—Westfaalsche Industrie betrof eerst de verwerking der spaat-, bruin- en roodijzersteenen uit het Siegerland, Lahn en Dill, later door invoer die van ertsen uit Holland en België, Luxemburg—Lotharingen en Bilbao. Het Siegerland is beroemd om de zuivere, mangaanhoudende ertsen, welke bijzonder dienen voor de vervaardiging van spiegelijzer en prima puddelijzer. De roodijzersteenen van Dill en Lahn leveren goed gieterij-ruwijzer.

Het voornaamste ertsgebied Lotharingen komt aan Frankrijk; de tolunie met Luxemburg wordt verbroken, terwijl over Boven-Silezië nog niets besloten is.

Aan Duitschland blijft dan nog over een jaarlijksche ertsproductie van 7,5 millioen ton en waar de Duitsche ijzerindustrie jaarlijks nagenoeg 47 millioen ton erts noodig heeft, moet dus in de toekomst veel buitenlandsch erts in Duitschland aangevoerd worden.

Prijzen van de ijzermarkt Rheinland—Westfalen: per ton in Mk. gedurende October—November—December 1910:

Ruwijzer:

Gieterij-ijzer Nr I af fabriek	66 Mk.
„ „ III „ „	64 „
Hematite	70 „
Bessemer-ijzer	70 „
Siegerländer qualiteits-puddelijzer af Siegen	57—60 „
Staalijzer wit met niet meer dan 1 % phosphor af Siegen	58—60 „
Thomasijzer met minstens 1,5 % mangaan, vrij plaats van verbruik	61—62 „
hetzelfde zonder mangaan	60 „
Spiegelijzer 10—12 %	63—65 „

Prijzen van de markt Boven-Silezië:

Ruwijzer af fabriek:

Gieterij-ijzer	64—66 „
Hematite	69—71 „
Puddelruwijzer	58—60 „
Siemens-Martin-ruwijzer	60—62 „

Luxemburgsch ijzer: (October—November—December 1910):

Puddelijzer af Luxemburg per ton	50—52 „
Gieterij-ijzer Nr. III af Luxemburg per ton	52 „

Belgisch ijzer: (Charleroi):

België heeft zijn ijzerwerken in de smalle landstreek in het midden van het land tusschen de Duitsche en Fransche grens bij de kolenbekkens van Luik, Namen, Charleroi, Centre en Mons. Prijzen vóór den oorlog:

Frischijzer per ton	65—68 franc.
Thomasruwijzer „ „	72—74 „
Gieterij-ijzer „ „	70—73 „

Engelsch ruwijzer (English pig-iron):

Het zwaartepunt der ijzerindustrie ligt aan de Oostkust in Yorkshire in het Cleveland-district. De ertsen uit die streek zijn eenigszins phosphorhoudend en dienen voor de bereiding van het z.g. Engelsche gieterij-ruwijzer en van Puddel- en Thomasruwijzer. Cumberland en het nabij gelegen Lancashire aan de westkust zijn de vindplaatsen van de hematitertsen en van de zeer rijke en phosphorarme roodijzersteenen voor de vervaardiging van het ruwijzer voor het Bessemerproces. Schotland biedt het Schotsche gieterijruwijzer.

Merken van Middlesbro (Clarence, Ormesby, G. W L., Claylane, Cleveland) gemiddelde prijzen per ton c. i. f. Rotterdam of Amsterdam gemiddeld vóór den oorlog:

Gietijzer nr. 1	f 34,—
„ „ 3	- 33,—
„ „ 4	- 32,—

*) De ijzerprijzen waren bij het ter perse gaan van dit werk nog zoo weinig stabiel, dat het onmogelijk was deze hier volledig te vermelden. De prijzen zijn dan ook nog hoofdzakelijk van vóór den oorlog genoteerd.

Cumberland of Middlesbro Hematite nr. 1 . . . . f 37,— tot f 37,50
„ „ „ „ „ 2 . . . . - 37,—
„ „ „ „ „ 3 . . . . - 37,—
„ „ „ „ „ 4 . . . . . . - 37,—

Schotland ijzer (Scotch pig-iron) in de merken Carnbroe, Eglinton, Monkland, Gartsherrie, Coltness, Scotch G. M. B. prijzen c. i. f. Rotterdam gemiddeld per ton vóór den oorlog:

nr. 1 f 37,— tot f 40,— (Coltness f 52).
nr. 3 - 36,— tot - 37,—.

Amerikaansch ijzer.

De meeste ertsen vindt men om Lake Superior in de staten Michigan, Wisconsin en Minnesota en zijn hoofdzakelijk hematitertsen d. z. phosphorarme roodijzersteenen met 68 tot 69 % ijzergehalte, verder ook magneetijzersteenen zooals in Cornwall, Pa., Lake Champlain in staat New-York.

Groote centra van ijzerbedrijven vindt men in Illinois en Pensylvania, o. a. Pittsburg, Chicago en Cleveland. De marktprijzen worden opgegeven in dollars per ton (1016 KG) of per cwt. (= 100 Lbs = 45,4 KG).

In April 1919 waren de prijzen ongeveer voor

basisch ruwijzer 26 $ per ton
Bessemer „ 28 $ „ „

Fransch ijzer.

In Frankrijk wordt het meest de minette verwerkt voornl. in het Departement van de Meurthe en Moselle en ook veel erts ingevoerd. Andere industriegebieden zijn het Noorden en Pas de Calais en Saône-Loire.

Frankrijk ziet door den oorlog zijn productie van ruwijzer en staal nagenoeg verdubbelen.

In begin 1920 waren de prijzen voor gieterij-ijzer in Nederland ongeveer f 12,80 per 100 KG.

Metaalonderzoek.

Een volledig metaalonderzoek omvat het onderzoek naar de mechanische eigenschappen, de microscopische structuur en de chemische samenstelling. Microscopisch is aan de metaalpreparaten te zien, op welke wijze bijmengselen in de metalen voorkomen, terwijl verder daaruit kan worden beoordeeld, of het metaal een normale warmte-behandeling heeft ondergaan, alzoo of het niet te koud is geplet of gewalst, bij te hooge temperatuur is uitgegloeid of bij juiste temperatuur gehard en ontlaten, enz. Vloeiijzer b.v. is zeer gevoelig voor elke bewerking in kouden toestand, elke hamerslag geeft verandering van het metaal. Bijna als regel kan men zeggen, dat de gebreken ontstaan uit een onoordeelkundig gebruik of door bewerking in de werkplaatsen. Afwijking in de normale samenstelling van een metaal kan het gevolg zijn van het niet volledig ontdoen van de uiteinden van het in coquille gegoten metaal op welke plaatsen zich de onzuiverheden ophoopen.

Door te snelle afkoeling van metalen kan de structuur meer of minder grof worden; microscopisch zeer grove naaldvormige structuur bij vloeiijzer of staal bij zekere brosheid van het metaal is het gevolg van het aan te groote hitte blootgesteld zijn, enz.

De *keuring van het ruwijzer* kan veelal uit de versche breuk geschieden. Grofkristallijn en donkergekleurd breukvlak wijst veelal op hoog siliciumgehalte. Nauwkeuriger blijft de chemische analyse.

Voorschriften voor de keuring van ijzer en staal.

Bepalingen uit de Algemeene Voorschriften in 1911 vastgesteld door het Kon. Inst. van Ingenieurs: **A. V. Y.**:

Gewichten:

Bij vaststelling van het gewicht door berekening uit de afmetingen worden de soortelijke gewichten aangenomen:

voor gegoten ijzer. 7,250
„ welijzer 7,800
„ vloeiijzer en in vormen gegoten staal . 7,850

Toegelaten afwijkingen in de gewichten en afmetingen:

1°. Het gewicht der voorwerpen mag niet meer dan in achterstaand staatje

is aangegeven, afwijken van het voorgeschreven gewicht en bij gebreke aan zulk een voorschrift, van het gewicht, bepaald òf door het wegen van een voorwerp, dat volkomen de vereischte afmetingen heeft, òf door berekening uit de voorgeschreven afmetingen en de soortelijke gewichten als boven vermeld.

BENAMINGEN, enz.			Grootste toegelaten gewichtsafwijkingen in percenten
Gegoten ijzer			+ 10 en — 2
Gewalst ijzer	Plaat- en universaal ijzer	Ieder stuk op zichzelf	+ 5 en — 5
		De geheele levering	+ 3 en — 3
	Staaf- en profielijzer, wegende 20 KG per meter en minder	Iedere staaf op zichzelf	+ 5 en — 2
		De geheele levering	+ 3 en — 2
	Staaf- en profielijzer, dat zwaarder is dan 20 KG per meter		+ 6 en — 6
Gegoten staal			+ 10 en — 2

2°. Behoeft, naar het oordeel van den besteller, het gewalste ijzer bij de levering niet juist op maat gesneden te zijn, dan mogen te groot zijn: bij staaf-, profiel- en universaalijzer de lengte tot 50 millimeter, bij plaatijzer van 18 millimeter en minder dikte de lengte tot 10 millimeter en de breedte tot 6 millimeter, bij plaatijzer van grooter dikte dan 18 millimeter de lengte tot 15 millimeter en de breedte tot 10 millimeter.

3°. Gemeten aan de hoeken, mag de dikte van plaatijzer tot 4 pCt grooter of kleiner zijn, dan is voorgeschreven. De dikte moet aan alle vier hoeken met een micrometerschroef gemeten worden, terwijl de meetpunten minstens 40 millimeter van den rand en minstens 100 millimeter van den hoek verwijderd zijn.

Materiaal-beproeving:

Het materiaal, behoorende tot elk der groepen en soorten van ijzer, vermeld in de hierachter volgende tabel (bldz. 566) zal bij beproeving moeten voldoen aan de daarbij voorgeschreven eischen.

Uiterlijke eigenschappen en verdere hoedanigheden van de materialen.

Gegoten ijzer.

Het gegoten ijzer moet fijn-korrelig zijn en op de breuk een grijze kleur hebben.

De gietstukken moeten vast en dicht zijn en moeten aan de hoeken en kanten volgegoten zijn.

Het gegoten ijzer moet zich met vijl en beitel laten bewerken.

Gegoten ijzeren voorwerpen mogen geen gebreken vertoonen, welke na de afwerking nog van schadelijken invloed zijn.

Smeedbaar gietijzer.

Voorwerpen van smeedbaar gietijzer moeten eenige smeedbaarheid en een zekere mate van taaiheid hebben verkregen, zoodanig, dat uitstekende gedeelten dezer voorwerpen in kouden toestand met den hamer kunnen worden gebogen, zonder af te breken.

Gewalst ijzer.

1°. Het gewalste ijzer in den vorm van staven, platen, of strippen moet zuiver en glad van oppervlak zijn, zonder schilfers, bladders, kantscheuren, blazen, dub-

bellingen, onvolkomen plekken of andere gebreken; het moet taai en mag koudbreukig noch roodbreukig zijn.

Het mag onder het bewerken, hetzij met het omzetten of buigen, hetzij bij het boren of hakken, splijten noch scheuren.

2°. Het gewalste welijzer moet goed geweld en goed welbaar zijn. Het rondijzer voor bouten moet van de beste en taaiste soort ijzer zijn.

3°. Alle staaf-, profiel- en universaalijzer moet nauwkeurig in het verlangde profiel gewalst en geheel recht gemaakt zijn.

4°. Bij de keuring mag het gewalst ijzer niet geölied zijn en niet anders geverfd zijn dan voor het merken noodig is; het mag geen andere dan zeer oppervlakkige roestvlekken vertoonen.

IJzer voor smeedstukken; smeedstukken.

1°. Onder ijzer voor smeedstukken wordt verstaan: ijzer bestemd om bij roodgloeihitte bewerkt te worden tot gesmede voorwerpen.

In het bijzonder moet het gemakkelijk uitgesmeed en opgestuikt kunnen worden; het moet taai en mag koud- noch roodbreukig zijn.

Wanneer het aanéénwellen van twee stukken noodig is, moet het materiaal daartoe geschikt zijn.

2°. De gereede smeedstukken mogen geen kraken, kantscheuren of losheden vertoonen.

Waar het smeedstukken betreft, gesmeed direct uit gietblokken, moet het gesmede materiaal aan de volgende eischen voldoen:

het materiaal moet gelijkslachtig en vrij van blazen zijn;

ter verkrijging van de smeedstukken moet het gegoten materiaal, volgens een der richtingen, tot op minder dan het ¼ gedeelte der oorspronkelijke dikte zijn *ingesmeed* of *geperst*, of wel op minstens 4 maal de oorspronkelijke lengte zijn *uitgesmeed* of *geperst*.

3°. Indien het bestek of de overeenkomst bepaalt, dat de gesmede voorwerpen, voordat tot de afwerking wordt overgegaan, moeten worden uitgegloeid met daarop volgende geleidelijke afkoeling, dan moet zulks aan de materiaal-beproeving voorafgaan.

In vormen gegoten staal.

1°. Het in vormen gegoten taal moet gelijkslachtig en vrij van blazen zijn.

Voorwerpen van gegoten staal mogen geen gebreken vertoonen, welke na de afwerking nog van schadelijken invloed zijn.

2°. Het gegoten staal moet zich met vijl en beitel laten bewerken.

3°. Alle gegoten stalen voorwerpen moeten, vóórdat tot de afwerking wordt overgegaan, worden uitgegloeid met daarop volgende geleidelijke afkoeling; dit uitgloeien moet aan de materiaal-beproeving voorafgaan.

4°. De gegoten stalen stukken moeten, waar zij niet bewerkt zijn, schoongemaakt en van vormzand geheel bevrijd zijn. Zij mogen niet met sterke zuren worden behandeld.

Verzinkt ijzer.

Het verzinkte ijzer moet zijn zonder bladders, oneffenheden of scheuren.

De laag zink mag nergens het ijzer onbedekt laten; zij moet zooveel mogelijk gelijk van dikte zijn en mag bij de behandeling met zuren niet in plaatjes loslaten maar moet bij het oplossen tot het laatst aan het ijzer gehecht blijven.

De laag zink moet vast aan het ijzer gehecht zijn, zoodat bij het buigen van platen of strippen het zink niet loslaat.

Bij gegolfd verzinkt plaatijzer mag het zink op de golven geen barsten vertoonen.

§ 16. *Vervaardiging en afmetingen der proefstukken.*

6°. Bij de afgewerkte *trekproefstaven* uit plaat- en universaalijzer moet de walshuid aan twee zijden aanwezig zijn; bij de afgewerkte trekproefstaven uit ander gewalst ijzer moet de walshuid geheel worden weggenomen, wanneer zij niet op twee tegenover elkander liggende vlakken behouden kan blijven.

7°. De *doorsnede van de trekproefstaven* moet zijn: bij trekproefstaven uit plaat- en universaalijzer, rechthoekig; bij die uit staaf- en profielijzer, cirkelvormig, rechthoekig of nagenoeg rechthoekig; in alle overige gevallen, cirkelvormig.

Eischen, waaraan de materialen bij beproeving moeten voldoen ... Kon. Instituut

BENAMING van de groep en van de soort.	Aanduiding der soort (qualiteitsaanwijzer).	Dikte van plaat, staaf, enz. d in mM.	TREKPROEF. Breekspanning in KG per mM². Min.	Max.	Rek over de meetlengte in percenten. Vergel. § 16. sub 7°.	Dikte van de proefstaaf in mM. Vergel. § 16, sub 8°.	BUIGPROEF. Koude buigproef. Vergel. § 17, sub 5° Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Koude buigproef. Buighoek in graden minimum.	Warme buigproef. Vergel. § 17, sub 6° Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Warme buigproef. Buighoek in graden minimum.
I. GEGOTEN IJZER.			Buigbreekspanning in KG per mM² minimum				Bij de minimum buigbreekspanning behoorende belasting in KG			
1. **Machine-ijzer.**	1. A.		28				495			
	1. B.		34				600			
2. **IJzer voor bouwwerken e. d. m.**	2. A.		26				460			
	2. B.		26				460			
II. WELIJZER										
1. **Staafijzer** (*vezelig*). Plat, rond en vierkant ijzer	1. A.	< 12				d	1 × d	150	1 × d	180
		12—25	36	38	18	d	1 × d	120	1 × d	180
		> 25				25	25	90	25	180
	1. B.	< 12				d	1 × d	120	1 × d	150
		12—25	34	36	15	d	1 × d	90	1 × d	150
		> 25				25	25	60	25	150
	1. C.	< 12				d	1 × d	90	1 × d	120
		12—25	33	34	12	d	1 × d	60	1 × d	120
		> 25				25	25	30	25	120

volgens de Algemeene Voorschriften opgesteld door het ... van Ingenieurs).

...EN. Hardings-buigproef. Vergel. § 17, sub 7. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.	Bijzondere proeven.	Aanwijzingen omtrent min of meer gebruikelijke bestemming.	Opmerkingen.
Bij de belasting behoorende doorbuiging mM				
7		Buigbelastingsproef met bewerkte staaf van cirkelvormige dwarsdoorsnede van 30 mM middellijn. Afstand der steunpunten 600 mM. De staaf staande en van onderen op te gieten zonder naad, geheel afgescheiden van het voorwerp, doch van hetzelfde materiaal.	Gewone machinedeelen.	
10			Machinedeelen aan aanzienlijke spanningen blootgesteld.	
6			Algemeene doeleinden; kolommen, gas- en waterleidingsbuizen.	
6			Als boven.	Gegoten ijzer in het algemeen voldoend aan hoogere eischen dan 2 A, wat betreft dichtheid, e. d. m.
— — —	— — —	Staven tot breken toe buigen en de breuk beoordeelen. Proefstuk tot 1½ maal de oorspronkelijke breedte warm uitsmeden, met wigvormigen hamer, afgerond volgens straal van 15 mM, slagen in de vezelrichting aanbrengen, zonder dat zich sporen van afscheiding vertoonen.	1e soort. Smeedstukken, welke aan plotselinge schokken zijn blootgesteld: kettingen, scheepsankers, haken voor kranen, stoot- en trekwerk van spoorwegmaterieel e. d. m. Smeedstukken, welke gemakkelijk geweld moeten kunnen worden.	Proefstaven voor trek- en buigproeven, ontleend aan gereede smeedstukken mogen niet uitgesmeed en uitgegloeid worden.
— — —	— — —	Proef als 1. A.	2e soort. Bestemming als 1. A.	
— — —	— — —	Proef als 1. A.	3e soort. Bestemming als 1. A.	

BENAMING van de groep en van de soort.	Aanduiding der soort (qualiteits-aanwijzer).	Dikte van plaat, staaf, enz. d in mM.	TREKPROEF. Breekspanning in KG per mM². Min.	Max.	Rek over de meetlengte in percenten Vergel. § 16. sub 7°.	BUIGPROEF. Dikte van de proefstaaf in mM. Vergel. § 16, sub 8°.	Koude buigproef. Verg. § 17, sub 5°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.	Warme buigproef. Vergel. § 17, sub 6°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.
Klinkbouten-ijzer. *(fijn korrelig).*	2. A.	—	38	—	20	—	½ × d	180	—	—
III. VLOEI-IJZER **1. Profiel-, Universaal-, Staaf- en Klinkboutenijzer.**	1. A.	< 25 > 25	42	50	20	d 25	2 × d 2 × 25	180 180	— —	— —
	1. B.	< 25 > 25	36	44	22	d 25	1 × d 25	180 180	— —	— —
	1. C.	—	42	50	22	—	geen	180	—	—
	1. D.	—	34	42	25	—	geen	180	—	—
2. Plaatijzer.	2, A.	> 7,5 < 7,5 < 5	42 42 42	50 50 50	20 18 16	—	3 × d	180	—	—
	2. B.	—	36	44	22	—	2 × d	180	—	—

V E N.

Hardings-buigproef. Vergel. § 17, sub 7°		Bijzondere proeven.	Aanwijzingen omtrent min of meer gebruikelijke bestemming.	Opmerkingen.
Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft, in mM.	Buighoek in graden minimum.			
—	—	Van klinkbouten de koppen uitsmeden bij klinkhitte tot een dikte van 2 tot 3 mM. Klinkbout waaiervormig platsmeden tot 1/5 van de dikte; geen andere dan kantscheurtjes mogen zich vertoonen. Een stuk van de staaf ter lengte van 2 × d in roodwarmen toestand tot 1/3 der oorspronkelijke lengte opstuiken, zonder kantscheuren.	Klinkbouten; bij voorkeur die, welke uit de hand worden geklonken. Steunbouten en ankers in stoomketels.	
2 × d 2 × 25	180 180	Proef als 2. A.	Algemeene doeleinden.	
1 × d 25	180 180	Proef als 2. A.	Algemeene doeleinden.	
—	—	Van klinkbouten de koppen uitsmeden bij klinkhitte tot een dikte van 2 tot 3 mM. Klinkbout waaiervormig plat smeden tot 1/5 van de dikte; geen andere dan kantscheurtjes mogen zich vertoonen.	Steunbouten en ankers in stoomketels; klinkbouten.	
—	—	Proef als 1. C. Een stuk van de staaf ter lengte van 2 × d in roodwarmen toestand tot 1/3 der oorspronkelijke lengte opstuiken, zonder kantscheuren.	Steunbouten en ankers in stoomketels. Klinkbouten: zachter materiaal dan 1. C. voor bruggen, stoomketels, enz.	
3 × d	180	In strook van 6—10 mM dikte en 50 mM breedte in roodwarmen toestand door tapschen doorslag van 80 mM lengte, die van 20 op 30 mM taps is, een gat slaan van 30 mM. De strook mag daarbij niet scheuren.	Scheepsplaten.	
2 × d	180	Proef als 2. A.	Bruggen, kappen en algemeen constructiewerk.	

BENAMING van de groep en van de soort.	Aanduiding der soort (qualiteits-aanwijzer).	Dikte van plaat, staaf, enz. d in mM.	TREKPROEF. Breekspanning in KG per mM². Min.	Max.	Rek over de meetlengte in percenten. Vergel. § 16, sub 7°.	Dikte van de proefstaaf in mM. Vergel. § 16, sub 8°.	BUIGPROEF. Koude buigproef. Vergel. § 17, sub 5°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.	Warme buigproef. Vergel. § 17, sub 6°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.
2. **Plaatijzer** (vervolg).	2. C.	—	41	50	25	—	geen	180	geen	180
			43	50	23	—	2 × d	180	geen	180
			45	50	21	—	2 × d	180	geen	180
			47	50	20	—	3 × d	180	geen	180
	2 CC.	—	51	—	20	—	3 × d	180	geen	180
	2. D.	—	34	44	28		geen	180	geen	180
			36	44	27					
			38	44	26					
			40	44	25					
	2. DD	—	41	46	21	—	2 × d	180	geen	180
3. **Vloeiijzer voor smeedstukken.**	3. A.	—	40	49	22	25	2 × 25	180	2 × 25	180
	3. B.	—	50	59	20	25	2 × 25	180	2 × 25	180
	3. C.	—	60	69	15	25	2 × 25	180	2 × 25	180
	3. D.	—	70	—	12	25	2 × 25	120	2 × 25	—
	3. E.	—	36	44	25	25	25	180	25	180

VEN.

Hardings-buigproef. Vergel. § 17, sub 7°		Bijzondere proeven.	Aanwijzingen omtrent min of meer gebruikelijke bestemming.	Opmerkingen.
Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.			
geen 2 × d 2 × d 3 × d	180 180 180 180	Strook van ongeveer 100 mM breedte moet zich roodwarm laten uitsmeden tot $1^1/_2$ maal de oorspronkelijke breedte, met smallen kant van den hamer dwars op de walsrichting, zonder dat zich scheuren vertoonen aan de kanten en in het vlak. In roodwarmen toestand moet, met een tapschen doorslag, een gat in een strook geslagen kunnen worden op afstand $^1/_2$ d van den rand, zonder dat van het gat naar den rand een scheur mag ontstaan. De doorslag moet bij een lengte van ongeveer 50 mM voor elke plaatdikte een middellijn hebben van niet minder dan 10 mM en niet meer dan 20 mM.	Ketelplaten niet aan directe hitte blootgesteld.	In hoofdzaak, voorschriften ontleend aan de „Würzburger Normen".
3 × d	180	Proeven als 2. C.	Als boven in uitzonderingsgevallen.	
geen	180	Proeven als 2. C.	Ketelplaten aan directe hitte blootgesteld.	Als 2 C en 2 CC.
2 × d	180	Proeven als 2. C.	Als boven voor scheepsstoomketels in uitzonderingsgevallen.	
× 25	180		Machinebouw; assen.	De eischen, geldende voor de gereede *smeedstukken*, zijn dezelfde als die voor het *ijzer voor smeedstukken*, alleen moeten de proefstaven voor trek- en buigproeven, beproefd worden zonder voorafgaand uitgloeien of uitsmeden.
× 25	-180		Machinebouw; zuigerstangen.	
× 25	120		Smeedstukken met aan verslijting blootgestelde vlakken.	
—	—		Als boven; met bijzonder hooge eischen; wielbanden voor locomotieven, e.a.	
25	180		Algemeene doeleinden.	

BENAMING van de groep en van de soort.	Aanduiding der soort (qualiteitsaanwijzer).	Dikte van plaat, staaf, enz. d in mM.	TREKPROEF. Breekspanning in KG per mM². Min.	Max.	Rek over de meetlengte in percenten. Vergel. § 16, sub 7°.	Dikte van de proefstaaf in mM. Vergel. § 16, sub 8°.	BUIGPROEF. Koude buigproef. Vergel. § 17, sub 5°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.	Warme buigproef. Vergel. § 17, sub 6°. Dikte v. de kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.
IV. IN VORMEN GEGOTEN STAAL.	A.	—	40	49	12	25	2 × 25	90	—	—
	AA.	—	40	49	18	25	2 × 25	120	—	—
	B.	—	50	59	10	25	2 × 25	90	—	—
	C.	—	60	69	8	25	2 × 25	45	—	—
	D.	—	70	—	5	25	2 × 25	30	—	—
	E.	—	36	44	20	25	2 × 25	180	—	—

N.B. **Welijzer in handelsqualiteit** is niet in de tabel opgenomen ; voorschriften voor trek-
Welijzeren platen zijn niet in de tabel opgenomen. Voorzoover deze platen verkrijg-
doeleinden.
Welijzer van de in de tabel opgenomen soorten 1. A., 1. B. en 1. C. zoomede 2. A.
De voorgeschreven trek- en buigproeven voor **vloeiijzer** zijn **dezelfde** voor langs- of

...EN.

Hardings-buigproef. Vergel. § 17, sub 7°		Bijzondere proeven.	Aanwijzingen omtrent min of meer gebruikelijke bestemming.	Opmerkingen.
Dikte v. d. kern, waarom buiging plaats heeft. in mM.	Buighoek in graden minimum.			
—	—	Zware gietstukken vrij opgehangen met een hamer van 3 KG kloppen, tot onderzoek naar niet zichtbare gebreken.	Algemeene doeleinden, waarbij degelijkslachtigheid van het materieel niet in hooge mate wordt geëischt.	
—	—	Proef als A.	Algemeene doeleinden, betere hoedanigheid dan A.	
—	—	Proef als A.	Machinebouw, waarbij aan de gietstukken hooge eischen zijn te stellen.	
—	—	Proef als A.	Gietstukken met aan verslijting blootgestelde oppervlakken. Puntstukken in den spoor- en tramweg bovenbouw, e. d. m.	
—	—	Proef als A.	Als boven met bijzondere hooge eischen.	
—	—	Proef als A.	Gietstukken, welke zeer groote zekerheid tegen breuk moeten aanbieden. Binnenwerken van locomotiefdrijfwielen, e. d. m.	

...n buigproeven van deze soorten zijn niet goed te geven.
...ar zijn, zijn zij te beschouwen als een materiaal, vervaardigd uitsluitend voor bijzondere ...warsrichting.
...treft uitsluitend zoogen. **qualiteitsijzer** en moet vervaardigd zijn uit enkel **gepuddeld** ijzer.

Zooveel mogelijk krijgen de trekproefstaven de volgende afmetingen:
de middellijn van de cirkelvormige doorsnede: 20 *millimeter*.
de breedte van de rechthoekige of nagenoeg rechthoekige doorsnede: 3 tot 4 maal de dikte of gemiddelde dikte.
de meetlengte, d. i. de lengte vóór de beproeving van het gedeelte der proefstaaf, waarvan de rek wordt gemeten: 200 *millimeter*.
Deze meetlengte is de normale en is de juiste, bij cirkelvormige doorsnede voor een dikte van 20 millimeter of bij een andere doorsnede van dezelfde oppervlakte.
8°. De *proefstukken voor buigproeven* moeten zijn: voor staafijzer van ten hoogste 25 millimeter dikte, gedeelten van de staven zelf; voor profielijzer en voor plaat- en universaalijzer strooken van rechthoekige of nagenoeg rechthoekige dwarsdoorsnede, van dezelfde dikte als de staaf, plaat of strook en met een breedte zooveel mogelijk ongeveer gelijk aan 4 maal de dikte of gemiddelde dikte; voor staafijzer van grootere dikte dan 25 millimeter en voor smeedstukken, voor daarvoor bestemd ijzer en voor gegoten materiaal, staven van vierkante dwarsdoorsnede met 25 millimeter zijde. De zijkanten der strooken en al de zijden der vierkante staven moeten bewerkt worden. De scherpe kanten van proefstukken met rechthoekige of nagenoeg rechthoekige dwarsdoorsnede moeten worden weggevijld.

Aluminium.

Het aluminium wordt verkregen uit aluminiumoxyde, dat voorkomt als *korund*, in *bauxiet* (Al_2O_3. Fi_2O_3. 2 H_2O), of wordt uit de natuurlijke kiezelzure verbindingen bereid. Frankrijk bezit mooie bauxietmijnen, welke alleen door Dalmatië worden geëvenaard, waar ertsen gevonden worden met 25—30% zuiver aluminium en is, evenals Amerika en Zwitserland, een groot producent.
Tegenwoordig wordt aluminium uitsluitend langs electro-chemischen weg door ontleding van het oxyd Al_2O_3 gewonnen. Een der meest bekende processen is dat van Héroult; door de hitte van electrische ontladingen wordt het oxyde eerst gesmolten en dan ontleed. Om de smelting te vergemakkelijken wordt soms een weinig kryolith ($AlFe_3$. 3 NaF) toegevoegd.
Het metaal is zeer licht (s.gew. ± 2,7) en elastisch, laat zich uitstekend mechanisch bewerken en in draden trekken en tot dunne plaatjes uithameren (aluminiumfoelie). De vastheid van gegoten Al is 10 tot 12 KG/mM^2 bij ± 3% rek, hetgeen door smeden en walsen te verhoogen is tot 18 KG/mM^2. Aluminiumdraad van ± 3 mM dikte heeft ± 27 KG/mM^2 vastheid; toevoeging van koper verhoogt de vastheid en de uitrekking. Als leidingmateriaal heeft het een leidvermogen ± 60% van dat van koper. Het metaal wordt verder weinig aangegrepen door verdunde organische zuren en in het geheel niet door zwakke organische zuren (kookgereedschap). Door de zg. aluminothermie kan men met behulp van het metallisch aluminium moeilijk smeltbare metalen uit hun oxyden vrijmaken. Evenwel heeft het metaal eigenschappen, waarmede rekening moet worden gehouden; het schilfert nl. af, hetgeen bij trillende beweging nog erger wordt en deze aluminiumstof is sterk ontbrandbaar. Vooral bij gewalst en gehamerd aluminium is dit gevaar groot.
De Northern Aluminium Co. te Shawinigan-Falls in Canada levert het metaal in staven en blokken.

De Engelsche fabrieken vormen één syndikaat, dat den prijs vaststelt. In 1919 was de marktprijs te Londen 150£ per Eng. ton en te New-York eind 1919 ongeveer 33 c per lb.

De marktprijs hangt veel af van het gehalte en de hoeveelheid; hij was ongeveer in

1852	f 3000 per KG	1909	f 0,85 per KG
1856	- 150 „ „	1911	- 0,75 „ „
1889	- 15 „ „	1918	-15,— „ „
1906	- 2,15 „ „	1920	- 1,80 „ „

Frankrijk is evenals Amerika en Zwitserland een groot producent.

Antimoon.

Grauw spiesglans of antimoniumglans Sb_2S_3 is het belangrijkste erts, dat ± 71% antimoon bevat.
Het wordt hoofdzakelijk gebruikt in legeeringen.

De marktprijs was eind 1919 te New-York ongeveer $9\frac{1}{2}$ à $9^{5}/_{8}$ c. per lb en te

Londen voor Chineesche regulus 47 £
„ Engelsch regulus 47 £ 10 s
en „ ruwe antimoon 41 £ 9 s 8 d per Eng. ton.

Cadmium.

Dit metaal wordt tegenwoordg meer en meer gebruikt voor het maken van enkele gemakkelijk smeltbare legeeringen, (veiligheidszekeringen, enz.). Meestal wordt het verkregen als bijprodukt van de zinkbereiding (in Amerika en Duitschland). Ook voor het maken van de mooie verfstof cadmiumgeel gebezigd. Hoewel de prijs hooger is dan van tin, is wegens de minder benoodigde hoeveelheid het gebruik voor langzaam smeltende mengsels loonend.

De marktprijs te New-York was eind 1919 ongeveer 1,45 $ per lb (Dull).

Cobalt.

Cobalt dient voornamelijk voor de bereiding van speciaalstalen; met chroom en wolfram samengesmolten geeft het een alliage, dat onder den naam van *stelliet* in den handel komt en zeer hard is. Het wordt bereid uit het oxyde, dat wordt verkregen bij de bereiding van nikkel en zilver uit ertsen in het district Cobalt (Ontario) gewonnen. Vroeger kwam dit oxyde ook uit N. Caledonië. Het s.gew. van de onzuivere soort, welke in den handel komt met een gehalte van 2 tot 3% ijzer, nikkel en koolstof is 8,66 tot 8,80; zuiver cobalt heeft na gloeien en walsen tot 8,92 s.gew. De hardheid ligt tusschen 100 en 138; de trekvastheid van gegoten cobalt is ruim 24, welke bij uitgloeien tot 26 en bij walsen tot 70 KG/mM² stijgt. De electrische weerstand is vijfmaal zoo groot als van koper. Het smeltpunt is 1470°. Koolstofhoudend cobalt kan tot draad getrokken worden. Verder kan het evenals nikkel electrolytisch op andere metalen worden aangebracht in veel dunnere laag en gelijkt in gepolijsten toestand op nikkel.

De prijs is ongeveer f 5 per Eng. pond.

Chroom.

Het gebruik van chroom voor verschillende legeeringen o. a. bij staal is reeds vermeld (zie bldz. 558).

Chroom heeft geen open markt; de prijs was vóór den oorlog f 8,40 per KG.

Goud.

Goud komt in gedegen toestand voor en wordt gevonden in Transvaal, Oeral, Oost-Siberië, Ver. St. v. N. Amerika, Britsch N. Amerika en Australië.

Het soort gew. is 19,33 en het smeltpunt ligt bij 1035°.

De goudprijs was eind 1919 te Amsterdam
voor ongefineerd en 1 KG fijn f 1850 tegen f 2250 in het begin.
„ gefineerd „ „ „ - 1850 „ - 2300 „ „ „

Koper.

Ertsen: Koperkies, Cu_2S, Fe_2S_2 (V.S.A. Zweden, Noorwegen, Spanje Oeral, Arghana (Turkije).
Koperglans, Cu_2S (Chili, Peru, Bolivia)
Bontkopererts $3\,Cu_2S, Fe_2S_2$ (V. S. A.)
Roodkopererts, Cu_2O (Australië, V. S. A.)
Malachiet (groen) $CuCO_3, Cu(OH)_2$ (Oeral, Australië, Zuid Amerika).
Koperlazuur (blauw) $2\,CuCO_3, Cu(OH)_2$

Het koper komt in de natuur voor zoowel gedegen als in ertsvorm. Het gedegen koper vindt men het meest bij Lake Superior in N. Amerika, ook in Cuba 60—70% gehalte) en den Oeral. Turkije bevat tevens veel koperbeddingen in de Vilajets Diarbekir, Arghana-Maden, Brussa, Trapezunt Angora en Hastamuni, de laatste

met de grootste en rijkste koperertsvoorraden der aarde. Het koper komt ook voor. in Zuidelijk Br. Indië (Rajputana) en op verschillende plaatsen langs de Himalaya Chota Nagpur heeft rijke koperlagen.

Het zoogenaamde koperzand vindt men in Z.-Amerika in den vorm van korreltjes (corro-corro, cubarilla) met 60—90% kopergehalte.

Het koper wordt het meest uit zwavelkoper, koperkies en zwartkopererts bereid, volgens het Amerikaansche electrolytische procédé. Wat raffineeren betreft, zijn de V. S. van Amerika het best ingericht en beheerscht dit land feitelijk de geheele kopermarkt. In Duitschland heeft men den Mansfelder Bergbau en de Nord-deutsche Raffinerie, maar dit land voert groote hoeveelheid Amerikaansch koper in. Ook Rusland vervaardigt veel koper.

Het S.G. van gesmeed koper is 8,95 en van gegoten koper 8,92.

Het door smelting verkregen koper heet *gaar- of rozettenkoper* en komt in den handel in den vorm van schijven; het electrisch verkregen *electrolytisch koper* komt in den vorm van blokken en platen voor. Chemisch neergeslagen koper heet *cement-koper*, is zeer zuiver en komt in den handel als knolachtige, plaatachtige of draadvormige stukken. Japansch koper bestaat uit 15 cM lange baren en komt met Chilikoper veel op de Londensche markt.

Keuring. Koper in gewalste staven of platen geleverd moet vrij van scheuren dichtgesmede gietgallen en harde plekken zijn. Wordt geen speciaal hardkoper verlangd, dan moeten de staven, platen, enz. in gegloeiden toestand geleverd worden. Zuiver koper zooals door den handel geleverd mag geen minder gehalte hebben dan 99 à 99 5%, het moet mooi roode kleur hebben, taai zijn en tot dunne platen kunnen worden uitgesmeed.

De trekvastheid van getrokken koperdraad bedraagt 42 KG/mM² en van gegloeide koperplaat 21 KG/mM².

Prijzen. De prijzen zijn en waren ook vóór den oorlog aan groote schommelingen onderhevig.

Het Duitsche electrolytische koper daalde bijv. in 1908 van ca. f 79,20 per ton tot f 69,— en steeg daarna tot f 81,— franco Noordzeehaven. De gemiddelde prijs te Rotterdam was in 1908:

voor roodbladkoper	f 100,—,	oud zwaar koper	f 62,—,	zwaar geel koper	f 45,—
„ geelblad „	- 95,—,	„ licht „	- 60,—,	licht „ „	- 35,—

Gietkoper f 1,— per KG.

Duitsch dubbel geraffineerd koper in platen en blokken te Frankfort per 100 KG.:

1900	153,3 Mk.	1906	183,1 Mk.
1901	146,7 „	1907	189,3 „
1902	111,5 „	1908	124,6 „
1903	123,2 „	1909	122,3 „
1904	123,7 „	1910	120 „
1905	147,0 „	1911	117,8 „

Marktprijzen (jaargemiddelden) per Eng. ton te Londen:

Jaar;	1801—1810	160 £	1881—1890	60 £	1907	87 £ 104
	1811—1820	130 „	1891—1900	52 „	1908	60 „
	1821—1830	101 „	1901	68 „	1909	$58^7/_8$ „
	1831—1840	94 „	1902	52 „	1910	$57^1/_8$ „
	1841—1850	83 „	1903	59 „	1911	56.1.9„
	1851—1860	111 „	1904	59 „	1919	74—103„
	1861—1870	87 „	1905	69 „		
	1871—1880	79 „	1906	85 „		

Volgens Engelsche noteering onderscheidt men „best selected", „electrolytisch" en „standard" koper.

In Juli 1918 stelde de Engelsche regeering den maximumprijs van koper vast op £ 222 per ton en deze prijs werd half December verlaagd tot £ 112. Kort daarna werd echter de handel van koper weer vrijgelaten, zoodat de prijs daalde tot £ 90, en op het eind van Februari tot £ 80, terwijl bij levering op drie maanden slechts £ 73 gevraagd werd. In N. Amerika zijn de koperprijzen van 23,5 am. cent per Eng. pond teruggegaan tot 17,5 cent, hetgeen nog iets meer is dan £ 80. De fabrieks-kosten in Duitschland zijn van koper nog steeds hoog. In begin 1920 was de prijs voor rood koper in Nederland f 220 per 100 KG en de marktprijs te Londen voor standard koper 115 £, voor electrolytisch koper 125 £.

te New-York voor electrolytisch koper, zg. „wire bars", „ingot bars" en „cakes" 18,85 c. per lb.

Kwikzilver.

Kwikzilver wordt het meest in den vorm van kwiksulfide (cinnaber) in groote hoeveelheid gevonden in N.-Spanje, Illyrië, Peru en Californië (Nieuw Almaden en Nieuw Idria).

Het wordt uit het erts verkregen door roosting, waarbij het kwik als vrij metaal vrijkomt. Het handelskwik is nog zeer onzuiver en moet nog worden gereinigd.

Het metaal vindt aanwending bij de winning van zilver en bij de extractie van goud uit de ertsen en verder voor spiegels, enz. Kunstmatig gevormd kwiksulfide komt als roode verven in den handel.

Het bij gewone temperatuur vloeibare kwik heeft een kookpunt van 357° C. De dampen, die al bij een lagere temperatuur ontwikkeld worden, zijn kleurloos en zeer giftig.

De prijs op de markt te Londen gaat per „flask" of „bottle", waarvan de inhoud varieert van 70 tot 80 lbs. gewicht.

De marktprijs was op het eind 1919 te Londen 23 £ 11 s 11d per flesch van 34 KG en te New-York 85$ per lb.

Lood.

Het lood wordt uit loodglans (PbS houdende ertsen) bereid, ook wel uit het ruwe loodcarbonaat (cerusiet). Het komt in den handel in den vorm van blokken en gewalste bladen of buizen. Amerika, w. o. Mexico, levert ± 31% van de totale wereldproductie, verder komt het lood uit Spanje, Australië, Duitschland, België, Frankrijk, Engeland en Italië. Het zg. „hard lood" waaronder ook de legeeringen worden verstaan, daar zij alle harder zijn dan het zuivere lood, bevat de meeste onzuiverheden o. a. antimoon en arsenicum.

De gemiddelde jaarmarktprijzen te Londen waren per Eng. ton:

in 1900	f 202,80	in 1906	f 208,—
„ 1901	- 150,—	„ 1907	- 229,—
„ 1902	- 132,60	„ 1908	- 162,—
„ 1903	- 138,60	„ 1909	- 157,—
„ 1904	- 138,60	„ 1910	- 156,—
„ 1905	- 159,50	„ 1919	- 264—504

Te Rotterdam was de prijs in 1908 f 20,50 per 100 KG en voor oud lood f 15,— per 100 KG en was in het begin van 1920 ongeveer f 60 per 100 KG en te Londen 45½ £ per ton van 2240 lbs. of 1016 KG, te New-York 8¼ c. per lb.

Het s.g. van Lood is 11.36.

Keuring. Lood aan blokken moet zacht en gelijkslachtig zijn van zilverblauwe kleur op een versch afgehakt oppervlak. Het s.g. moet bij 0° C. minstens 11,36 zijn. Bladlood mag geen dunne plekken en losse vellen of schilfers hebben.

Magnesium.

Het metallische magnesium werd vóór den oorlog uitsluitend in Duitschland gemaakt door electrolyse van gesmolten magnesiumchloride, dat in de verschillende Staszfurterzouten voorkomt. Men legt zich nu in Amerika ook op de fabricage toe. Het metaal dient in hoofdzaak voor het maken van het alliage *magnalium*, dat wegens lichtheid en sterkte voor verschillende instrumenten gebezigd wordt. Een andere legeering, het *elektron*, bestaat in hoofdzaak uit dit metaal. Verder maakt men er bliksemlicht en vuurwerk en ontploffingsmiddelen van. Het s.g. is 1,7 dus lichter dan aluminium. De prijs zal in de toekomst wellicht niet hooger dan van aluminium zijn.

Mangaan.

Het metaal dient voornamelijk voor de bereiding van ferromangaan en diverse staalsoorten. (Zie bij dit onderwerp.) De prijs van mangaan is f 3,— per KG. Het metaal heeft evenals chroom geen open markt.

Molybdeen.

Het behoort tot die metalen, welke aangewend worden om aan staal bepaalde eigenschappen te verleenen. Het is in de natuur steeds verbonden aan een andere

stof, waarvan het slechts een klein percentage uitmaakt. Het voornaamste erts is *molybdeniet*, een sulfide. MoS_2 veel gelijkend op graphiet. Een ander mineraal is het *wulfeniet*, een loodmolybdaat. Molybdeenalliages vervaardigt men te Niagara-Falls in electrische ovens. Verder vindt men ertsen in N. Zeeland (Takata) N. Z. Wales en Queensland, O. Ontaria en in de zg. Sierradistricten van Peru.

Het metaal is hard en eenigszins smeedbaar, s.g. 8,6—9,01. De prijs was in 1910 10—15 d per pound voor materiaal met 92% mol. sulfide en in het begin 1916 312 £ per ton met 95% mol. sulfide. Te New-York was hij eind 1919 ongeveer 80 c. per lb.

Nikkel.

Ertsen: garnieriet NiO. $MgOSiO_2$, H_2O met 7—10% nikkel,
rood nikkelkies of kopernikkel NiAs
wit nikkelkies $NiAs_2$
nikkelkies NiS.

De meeste ertsen vindt men tot nu toe in N. Amerika en Canada. Ook in Ned. Indië (Celebes) te Dalili is het garnieriet gevonden met 1% nikkelgehalte.

Nikkel moet volgens scheikundige analyse minstens 97,5% gehalte hebben en mag alleen kool, silicium, koper, ijzer en cobalt als bij-elementen bevatten. Het is sterk-glanzend zilverwit met een weinig grauwe staaltint: het moet verder hard zijn, gepolijst kunnen worden en smeedbaar zijn. Het s.g. van gegoten nikkel bedraagt 8,3, dat van gesmeed of getrokken nikkel 9,2. Bij gewone temperatuur is het metaal magnetisch; bij verhitting tot 350° C verliest het deze eigenschap. Het oxydeert zeer moeilijk aan de lucht, zelfs bij gloeien en met zwavelwaterstof krijgt men geen zwarte vlekken zooals bij zilver. Het metaal laat zich tot zeer dunne platen of draden uitwalsen.

De metallurgie is omslachtig en kostbaar; zij kan langs den drogen, den natten en den electro-chemischen weg plaats vinden.

Behalve een kleine hoeveelheid, geleverd door Duitschland, Noorwegen en de Vereenigde Staten, komt alle nikkel uit Nieuw-Caledonië en Canada.

Het erts uit N.-Caledonië wordt het meest in Europa verwerkt.

De nikkelmarktprijzen waren volgens jaargemiddelden per KG:

jaar 1906	f 2,28	jaar 1908	f 1,92
„ 1907	- 2,09	„ 1909	- 1,92

De marktprijs te New York eind 1919 was voor „ingot" 42 c. voor „shot" 43 c. en voor , electrolytic" 45 c. per lb. Te Londen was hij 215 £ per ton van 1016 KG.

Platina.

Na Rusland komt Columbia als leverancier van platina. Verder N. Z. Wales en Tasmanië.

Het wordt veel gebruikt in de chemische industrie.

De prijs van 1 ounce troy was in Amerika in 1874 ongeveer 6 $, in 1901 20$, in 1914 45$ en in 1917 110$.

De marktprijs was eind 1919:
te New York 155 $ per lb. voor „refined ingot"
en te Amsterdam f 12500 voor 1 KG fijn.

Tin.

Ertsen: 1. Bergtinerts (Cornwallis en Wales).
2. Tinsteen of stroomtinerts SnO_2, zeer zuiver in Banka, Biliton en Malakka, ook in Australië, China en Bolivia.

Het erts uit de Straits is minderwaardig dan dat van Banka en Biliton.

De tinsteen wordt eerst geroost, waardoor zwavel en arsenicum worden uitgedreven; daarna wordt hij in schachtovens door koolstof gereduceerd en vervolgens gezuiverd.

Het tin komt in den handel in blokken (schuitjes) en ook in den vorm van platen en stangen.

Marktprijzen: jaargemiddelden per ton (1000 Kg):

Jaar 1906	f-2168,—	Jaar 1908	f 1607,—
„ 1907	- 2072,—	, 1909	- 1617,—

Gemiddelde prijs op de markt 1908 van Bankatin blokken f 185,— per 100 KG franco te Rotterdam en in het begin 1920 ongeveer f 340 per 100 KG.
Eind 1919 was de marktprijs:
te Londen 340 £ per ton van 2240 lbs.
„ New-York 58 c. per lb.

Wolfram.

De hoofdproducenten van Wolframmetaal zijn de V. Staten v. N. A. en Bolivia (Aramayo Francke mijnen), daarop volgen Engeland, Duitschland en Portugal. In Canada worden eveneens rijke lagen erts gevonden. In den laatsten tijd wordt veel uit Z.China verscheept. Vooral de provincie Kwantung bevat veel erts. Verder heeft men ertslagen in Z. Burma. Het erts wordt voornamelijk in de eerstgenoemde landen versmolten.

Zilver.

Metallisch zilver vindt men slechts op enkele plaatsen in N. Amerika. Als erts en gebonden aan lood, koper, antimoon en arsenik in den vorm van sulfide, chloride en ook als jodide vindt men het zilver in Duitschland, Spanje en Griekenland, maar de voornaamste vindplaatsen zijn N. en M. Amerika (Mexico).
De marktprijs wordt te Londen opgegeven in pence per troy ounce of in sterling zilverprijs van 925 fijn; in New-York in cents per troy ounce „bar" zilver van 999 fijn. Zij bedroeg eind 1919:
te Londen 76¼ pence.
„ New York 132½ cents met een „sterling exchange" van 375 à 380.

Zink.

Ertsen: 1. Zinkblende ZnS.
2. Galmei of kalamijnsteen (zinkspaat) $ZnCO_3$.
3. Kiezelzuur zink Zn_2SiO_4,H_2O.
4. Roodzinkerts, eendoor mangaan-en ijzeroxyden roodgekleurd zinkoxyde.

Het zink wordt het meest uit de beide eerste ertsen verkregen. Meestal komen de zinkertsen gelijktijdig met loodertsen voor. In Europa zijn Silezië, Rijnland, Westfalen, Zweden, Spanje en Sardinië de belangrijkste vindplaatsen. In Azië worden zinkertsen gevonden in China en Cochin-China. De bereiding geschiedt hoofdzakelijk langs den drogen weg door reductie van het oxyd met koolstof en gelijktijdige destillatie van het metaal. In dit opzicht onderscheidt zich de metallurgie van zink en kwik van die der overige metalen. In N. Amerika (Canada) zijn evenwel fabrieken gebouwd, die het zink electrolytisch afzonderen. Duitschland levert na Amerika ongeveer 30% van de totale productie, dan volgt België en als 4e Engeland. Het Silezisch en Belgisch smeltzink komt in den handel in kleine 4 cM dikke platen.
Zuiver zink is gemakkelijk te gieten; oud zink, dat reeds meermalen gegoten is, moet door grootere of kleinere hoeveelheden nieuw zink gietbaar worden gemaakt. Behalve bij uitzondering wordt het metaal niet gelegeerd, omdat de reeds geringe smeeigheid van het metaal daardoor vermindert. Bij gietwerk voor versiering voegt men spiesglans (antimoon-sulphuriet) toe.
Marktprijs vóór den oorlog (1908), begin van het jaar f 233,25 en aan het eind f 252.— per ton. Gemiddelde marktprijs 1908 Rotterdam: blokzink 2e kwaliteit f 25,75, 1e kwaliteit f 100,—, bladzink in courante maten en nummers f 31,— per 100 KG, oud zuiver zink f 19,— fr .Rotterdam. In begin 1920 was de prijs van het bladzink f 80 per 100 KG.
Marktprijzen per ton (1000 KG) gemiddelde jaarprijs:

Jaar 1900	f 238,8	Jaar	1904	f 276,9	Jaar	1908	- 242,—
„ 1901	- 201,0	„	1905	- 299,0	„	1909	- 266,—
„ 1902	- 221,4	„	1906	- 325,0	„	1910	- 276,—
„ 1903	- 247,8	„	1907	- 286,—			

Eind 1919 was de marktprijs:
te Londen 57 £ per ton van 2240 lbs.
„ St. Louis (Amerika) 8,70 c. per lb. voor gewone „Prime Western brands".

Metaallegeeringen.

Litteratuur.

A. Ledebur. Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke. Berlin. Fischer Verlag.—.
G. Fermum. Legierungen.
Samenstelling van legeeringen: Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1916 bl. 87.

Onder dl (deel) wordt verstaan gewichtsdeel; onder % gewichtsprocent van het alliage.

Aichmetaal bestaat uit 60% koper, ± 40% zink en 1 à 2% ijzer, wordt gebezigd voor het inwendig bekleeden van scheepsbodems.

Alpha-metaal voor kussenblokken. Drukvastheid 8—9 KG per mM². Tingehalte 70% Het is de beste legeering voor een hoog aantal omwentelingen en zwaren druk.

Aluminium-bronzen (goudbronzen) met 5—20% aluminium en 95—80% koper. Deze kunnen bij gehalte van minstens 13% aluminium en bij bepaalde behandeling een hardheid verkrijgen evenarende die van Zweedsch staal met 0.35% koolstof.

Aluminium-soldeer is te maken uit 2 dl zink, 1 dl tin en een weinig koper voor de hardheid.

Amalgama voor spiegels (tin-amalgama of foelie) 77% tin en 23% kwikzilver. Idem voor glazen ballons 80% kwik en 20% bismuth.

Antifrictionmetaal (zie ,,magnoliametaal'').

Antimoonlegeering voor tafelgereedschap (Robert metaal) 81,75% tin, 16,25% antimoon en 2% koper.
Pewtermetaal 88,42% tin, 7,16% antimoon, 3,54% koper en 0,88% bismuth.
Argentine (Parijs) 85,44% tin, 14,50% antimoon en 0,06% lood.
Voor stereotypeplaten 14,29—15% antimoon, 70—85,71% bismuth en 15% lood.
,, drukletters 27,77—5,32% antimoon, 22,23—29,58% koper en 50—65,1% lood.

Argentaan (witkoper of nieuwzilver genoemd) 70% koper, 20% nikkel en 10% zink.

Asbury-metaal: 77,8% tin, 19,4% antimoon, 2,8% zink.

Atlasmetaal voor kussenblokken: 5% tin, 16% antimoon en 78% lood.

Babbit-metaal is een tinlegeering: 24 dl tin, 8 dl antimoon en 4 dl koper. Drukvastheid 12,1 KG/mM. Gebezigd voor kussenblokken, schroefassen enz.

Bath-metaal: 55% koper en 45% zink.

Berlijnsch zilver: 50—67% koper, 20—31% zink 13—18% nikkel.

Bêta-metaal is een tinlegeering met een drukvastheid van 9,75 KG per mM². In drie kwaliteiten in den handel naar de hardheid.—.
Het is geschikt voor stopbussen.

Bismuth-brons: 40 dl antimoon, 25 dl koper, 24 dl nikkel en 1 dl bismuth.

Bladtin (theelood) is alliage van lood en tin al of niet met koper.

Britannia-metaal voor platen: 92% tin, 6°/₀ antimoon en 2% koper.
Idem voor lepels: 88,4—92,5% tin, 8,7—4,5% antimoon, 2,9—3% koper.

Brons is een legeering van koper en tin. Toevoeging van tin geeft de hardheid, vastheid en gietbaarheid van het alliage.
Het hoogste percentage tin, dat practisch bruikbaar is, is 35%. De meeste bronssoorten krimpen sterk bij het gieten en vormen blazen.
Geschutbrons 8% tin, (7—9,9%).
Klokkenbrons 22—33% tin.
Medailles 2% tin.
Standbeelden 82—86½% koper, 3—6% tin, 18—3% zink en 1½—3½% lood.
Machinebrons heeft het voordeel van niet te roesten en ook voor wrijvingsdeelen gebezigd. Het bestaat uit 82 tot 89% koper, 10 tot 18% tin en 2 tot 8% zink.
Draagpotten en draagmetalen bij locomotieven 89—98% koper, 11—9% tin.

Chineesch theelood: 87% lood, 12% tin en 1% koper

Chineesch zilver: 65,24% koper, 19,52% tin, 13% nikkel, 2,05% zilver.

Chocoladeverpakking: 2 dl lood, 1 dl tin.

Chrysokalk of Chrysochal: 19 deelen koper en 1 deel tin.

Compositie (witmetaal) voor draagmetalen en om wrijvingsvlakken te voeren; 3 gew. deelen koper, 4 deelen antimoon, 30 deelen tin; voor stopbuspakkingen voor stoomdruk 90% tin, 8% antimoon-regulus, 2% koper. Goedkooper is 53% tin, 10,6% antimoon regulus 2,4% koper, 1% zink en 33% lood. Eerst moet het koper worden gesmolten, daarna het antimoon, vervolgens het tin en het zink of lood. Het mengsel goed omroeren en bedekt houden met houtskoolgruis.

Delta-metaal: 56 deelen koper, 42 zink, 1 à 1½ ijzer, met eenig lood tin, en mangaan. Het is bestand tegen zeewater en vindt daardoor in den scheepsbouw aanwending.

Diamantbrons bevat 10% aluminium en 2% silicium, is zeer hard maar broos.

Durana-metaal eenigszins op Deltametaal gelijkend, goed smeedbaar. Het bestaat uit 64,50% koper, 29,75% zink, 1,75% ijzer, 1,70% aluminium en 2,30% tin.

Gamma-metaal is een antimoon-, tin- en loodlegeering, gebezigd voor kussenblokken.

Geelkoper, Messing of Latoen. Het is een zink-koperlegeering. Het zinkgehalte en daarmede de kleur kan sterk varieeren. Bij 20% zink is de kleur nog geel om sprongsgewijze met het zinkgehalte te veranderen. Hoe grooter het zinkgehalte, hoe goedkooper het alliage, maar hoe slechter de kwaliteit. Messingdraden en platen laten zich nog dun uithameren bij een gehalte van niet meer dan 21% zink. Gietmessing voor machinedeelen kan hooger gehalte b.v. tot 45% zink bevatten; hoe grooter het gehalte hoe meer aan krimp onderhevig en hoe grooter het gevaar van gietgallen. Tintoevoeging bevordert de hardheid, terwijl lood het alliage zachter maakt.

Geel- of Muntzmetaal: 60—66 % koper, 40—34 % zink.

Geelkoper: van Romilly 70 koper, 30 zink; idem van Jemappes (voor draaierij en draad) 64—65 koper, 35—34 zink, 0,4—1,5 lood en 0,2—0,4 tin.

Similor of Mannheimer goud, 83,7 koper, 9,3 zink, 7 tin.

Tombak (witkoper of halfgoud) is eveneens een zink-koperlegeering, maar met geen hooger zinkgehalte dan 18%. Het dient veelal voor namaak-sieraden en is zeer plastisch. In den handel vindt men het onder allerlei fancynamen als chrysorin, bristolmessing, Pinchbeck, Talmigoud, enz. Voor muziekinstrumenten 86—88 koper, 14—12 zink; voor knoopen 97 koper, 2 zink en 1 arsenicum.

Germania-metaal voor kussenblokken met niet te hoog aantal aswentelingen en hoogen druk, o.a. walswerken, scheepsschroeven, steenpersen, enz. Het is een zinklegeering, met koper en tin (±17,5% tin en 5,6‰ koper); drukvastheid 38,8 KG per mM^2. In Engeland wordt eenzelfde legeering in den scheepsbouw gebezigd onder den naam van Felton-metaal.

Goudlegeeringen:

Geel- of bleekgoud	708 goud,	292 zilver.
Groen goud	700 ,,	300 ,,
Wit goud	800 ,,	200 platina.

Legeering voor tandvulling 8 deelen goud, 3 deelen platina, 1 deel zilver.

Hardlood, om lood hard te maken, 84 deelen lood, 16 deelen antimoon.

Hardsoldeer voor messing, 43—53 koper, 48—43 zink, 6—4 gew. deelen zilver. Ook voor het soldeeren van zilver en goud. Toevoeging van tin en speciaal zilver geeft het soldeer nog betere eigenschappen.

Hercules-alliage: 63,3% koper, 33,3 % nikkel, 3,3% aluminium.

Klokkenmetaal (zie Brons).

Kopersoldeer (zie ook Traagloop):

voor messing, eerste soldeering:	48 koper,	48 zink,	4 zilver.
,, blik, plaat en draad: . .	42 ,,	52 ,,	6 ,,
,, gewone, tweede soldeering:	43 ,,	48 ,,	9 ,,
,, derde soldeering: . . .	38 ,,	50 ,,	12 ,,

Koper-tin legeeringen:

draagmetaal, draagpotten, stopbussen, klepkasten, wartelmoeren, kranen, pluggen: 89—91 koper, 11—9 tin.

stoomschuiven, koppelstangmetalen: 88 koper, 12 tin.

kamwielen, taaie voorwerpen: 91,4 koper, 1,7 tin, 5,53 zink, 1,37 lood.

Lettermetaal (gewoon) bestaat uit 75 dl lood, 23 dl antimoon en 2dl tin; minder slijtage geeft 60 dl lood, 25 dl antimoon en 15 dl tin. Zie ook onder *Antimoonlegeering.*

Loodantimoon (zie hardlood).

Loodgieterssoldeer: 1 deel tin, 2 deelen lood; voor ijzerblik 1 deel tin, 7 deelen lood.

Loodlegeering voor lagers:

voor lichte, langzaam loopende assen 60 dl lood, 20 dl antimoon en 20 dl tin.

Magneetstaal is Wolframstaal.

Magnolia-metaal bestaat uit 78 lood, 16 antimoon, 6 tin.

Maillechort. Fransch maillechort 50 koper, 18,75 nikkel, 31,25 zink.
Mangaanbrons. Voor machinebouw en electrotechniek bezigt men 85—98% koper en 15—2% mangaan.
Mangaankoper is een koper met 10—30% mangaan.
Mangaan nieuwzilver: 60 koper, 40 ferromangaan (met 60% mangaan), 10 zink. Het wordt gebezigd voor kleine kussenblokken, kranen, enz.
Mangaanstaal bevat ± 14% mangaan.
Manganine is een legeering van koper, nikkel en mangaan voor de electrotechniek.
Metalline: 35 kobalt, 30 koper, 25 aluminium, 10 ijzer.
Montefiore-metaal is een phosphorbrons: 90 koper, 9 tin, 0,5—0,75 phosphor.
Muntbrons, meestal koper, tin en zink. Nederlandsch: 95% koper, 4% tin, 1% zink.
Muntzmetaal: ± 60% koper, ± 40% zink.
Navalbrass: ± 62% koper, ± 37% zink, 1% tin.
Newton's metaal: 8 dl bismuth, 5 dl lood, 3 dl tin.
Nieuwzilver: 70 koper, 20 nikkel, 10 zink.
Nikkelaluminium: 20 deelen nikkel, 8 deelen aluminium.
Nikkeline: 30% nikkel, verder koper en ± 1% ijzer.
Nikkelstaal (invar) voor meetdraden 36% nikkel en 64% staal. Het heeft uiterst geringen temperatuurscoëfficiënt.
Patentnikkel: ± 25% nikkel, ± 75% koper, is een alliage voor sommige munten.
Peruzilver: 65 koper, 19,5 zink, 13 nikkel, 2 zilver, 0,5 ijzer.
Phosphorbrons: 90% koper, 8% tin en 2% phosphortin (met ± 3,5% phosphor).
voor veeren: 90 ,, ,, 9,, ,, ,, 1 ,, ,, (,, 5 ,, ,,).
,, lagers: 80 ,, ,, 8,, ,, ,, 10% lood en 2% phosphortin (met 5% phosphor).
De best trekbare en pletbare soort bevat 95% koper, bijna 5% tin en 0.05—0,15 % phosphor. Hardgetrokken draad kan tot 90 KG/mM² belasting bij 2% rek dragen.
Precisiegietmetaal (Spritz-, Präcisions- of Veeder-Gusz) is een tin-antimoonlegeering, welke tot $^1/_{100}$ mM nauwkeurig volkomen homogeen en blazenvrij gietwerk levert. Fabrikaat Ludw. Loewe Berlijn.
Roodgietmetaal (Rothguss): 82 koper, 18 zink.
Rood koper bevat minstens 99,5% koper.
Roseine: 4 nikkel, 3 aluminium, 2 tin, 1 zilver, voor juwelierswerk.
Similor (zie Tombak bij Geelkoper).
Spence-metaal is zwavelijzer, zwavellood en zwavelzink voor vormen.
Staalbrons is een aluminiumbrons met 8,5% aluminium en 1—2% silicium. De naam wordt ook wel ten onrechte gegeven aan op bepaalde wijze bewerkt geschutbrons (tin-brons).
Stelliet een kobalt-chroomlegeering, gebezigd voor sneldraaimetaal. Het is harder dan het beste speciaalstaal, niet smeedbaar maar vrij gemakkelijk gietbaar. Zelfs in gloeienden toestand bruikbaar.
Tandembrons, vroeger locomotiefcompositie genoemd, heeft een tingehalte van 74—83%.—.
Tiers-argent: 27,56 zilver, 59 koper, 9,57 zink, 3,42 nikkel, is een witte, zeer smeltbare legeering.
Tin-lood legeeringen:

chocoladebekleedsel:	36 % tin,	64 % lood.
lepels, huissieraden:	80 % ,,	20 % ,,
schotels en vaatwerk:	92 % ,,	8 % ,,

Titaan-metaal: 60% koper, 38% zink, 2% aluminium.
Traagloop (ijzer of kopersoldeer): 100 deelen koper, 54 deelen zink.
Witmetaal, zie Compositie.
Wood's metaal: 1 dl cadmium, 1 dl lood en 4 dl bismuth.
Yellow-metaal (zie Muntzmetaal).
Zilversoldeer voor zeer vast werk: 6dl messing, 5dl zilver en 2 dl zink.

Bitumineuse stoffen.

Litteratuur.

Arthur Danby.	Natural rock asphalts and bitumens; geology, history, properties and industrial application. Londen. Constable and Co.
D. Holde.	Untersuchung der Kohlenwasserstoffe und Fette.
W. Friese.	Die Asphalt-und Teerindustrie.
J. Veitch Wilson.	Oil-testers.

Vorschriften f.d. Prüfung und Lieferung bituminöser Massen soweit die im Straszen-Tief-und Hochbau in Verwendung kommen. Technisches Gemeindeblatt 1917.

Bitumen. Onder bitumen kan men verstaan alle mengsels van koolwaterstoffen, welke als mineraal gevonden worden en de naam omvat dus verschillende vormen als: natuurlijk gas, natuurlijke naphta, petroleum, asphalt enz. *Asphalt* of aardpek is de algemeene naam van de vaste bestanddeelen van het natuurlijke bitumen en kan van kool worden onderscheiden, doordat het oplosbaar is in koolstofbisulfide en in benzol. In Duitschland wil men onder bitumen evenwel alleen verstaan de koolwaterstoffen, die bij gewone luchtwarmte een harde of kneedbare massa vormen, welker kookpunt bij ca. 360° C. ligt en welke in chloroform, zwavelkoolstof, benzol of andere organische oplossingsmiddelen, oplosbaar is zonder bezinksel achter te laten. Al het andere, dat door toevoeging van andere koolwaterstoffen wordt gevormd, is dan bitumen in algemeenen zin.

Asphaltsteen is een kalk- of zandsteen, welke op natuurlijke wijze met asphalt geïmpregneerd is. Veelal is het een kalksteen. Het wordt voornamelijk gebezigd bij wegenbouw voor het maken van stampasphalt en komt daarvoor ook in den handel als een gezift poeder met korrelgrootte van fijn zand.

Onderzoek: Het gehalte aan bitumen en de geaardheid van het asphaltkalksteenpoeder wordt onderzocht door oplossing in zwavelkoolstof, terpentijn, aether of benzine, waarin de vaste deelen bezinken en het bitumen wordt opgelost tot een donkergekleurde vloeistof. Door deze af te gieten en het oplosmiddel te laten vervluchtigen, verkrijgt men het taaie bitumen, waarvan het gewicht kan worden bepaald. De maat van verdamping in een metaalbad op 220 à 230° C. bepaalt de deugdelijkheid van het bitumen; hoe minder verdampt, hoe beter. Het poederbezinksel van den kalksteen moet wit en zacht op het gevoel zijn.

Het gehalte aan bitumen wisselt in één en dezelfde groef zeer af en wel:

te Limmer	van	8	tot	20 %
,, Vorwohle	,,	6	,,	10 ,,
,, Ragusa	,,	6	,,	30 ,,

Te Val de Travers is het gesteente het gelijkmatigst, te Lobsann bevat het nu en dan bruinkool.

Aardpek of asphalt is van nature broos en met vreemde stoffen gemengd.

Het ruwe *Trinidad-asphalt* bevat in ronde cijfers $^1/_3$ van zijn gewicht aan aarde en klei en $^1/_3$ aan water. Het produkt, dat door omsmelten ontstaat, wordt onder den naam van Trinidad épuré in den handel gebracht. Het épuré bevat meestal nog 20% vreemde stoffen. Om de broosheid te verminderen wordt het met natuurlijk bergteer of petroleum-residu samengesmolten in de verhouding van ongeveer $1\frac{1}{2}$ tot 2 op 1. Dit mengsel is in Duitschland bekend onder den Franschen naam ,,Goudron", maar heet in Frankrijk ,,Bitume raffiné" en in Engeland ,,Refined bitumen"

Goed goudron is zwart van kleur en glanzend, in koud water van 7°—8° afgekoeld, moet het zich met den hamer aan stukken slaan en bij handwarmte tot een langen draad laten uitrekken.

Prijs van goudron in vaten van 230 KG per 100 KG *f* 9.—.

Een nieuw Amerikaansch soort asphalt is het Navaho-asphalt, afkomstig van een dik-vloeibare ruwe aard-olie in Z. Californië gewonnen. Deze aan bitumen rijke olie wordt door verwarming ingedikt tot asphalt. Het overtreft de tot dusver gebruikelijke soorten in bijna alle eigenschappen.

Asphalt-Mastiek is een mengsel van goudron (bitume raffiné) en asphaltkalksteenpoeder. De verhouding hangt af van het bitumengehalte van den kalksteen; in het algemeen bevat het mastiek 15—20% bitumen, dat van de Val de Travers maar 11—12% en dat van Lobsann evenwel 24—25%. Vette mastiek wordt met zand verwerkt. De mastiek wordt tot brooden gegoten van ± 30 KG gewicht.

Prijs der brooden per 100 KG gemiddeld *f* 3,00—*f* 4,00. Mastiek voor dakbedekking kost *f* 4,— tot 4,75 per 100 KG incl. fust, naar gelang van hoeveelheid.

Asphaltkit voor het dichtgieten van buizen is een mengsel van zuivere asphalt (Trinidad asphalt-épuré) met lichtere bitumen. De prijs is ongeveer *f* 8,50 per 100 KG.

Aardolie-residu, dat uit aspkaltachtige ruwolie door kunstmatig overkoken wordt verkregen, is ook een soort bitumen of asphalt in meer vloeibaren vorm (zie verder bij ruwolie).

Steenkolenteerpek is een kunstprodukt, dat door overkoken tot ongeveer 360° C. uit teer van alle soort (steenkool-, bruinkool-, houtteer, enz.) wordt vervaardigd. (Zie verder bldz. 588)

Teer. Koolteer heeft een soortelijk gewicht van 1,10—1,26.

Steenkolen leveren 3,5 tot 6 gewichtsprocent, gemiddeld 4,7% teer.

1 KG teer heeft een warmtewaarde van ca. 8667 WE.

1 petroleumvat koolteer weegt bruto 213—236 KG netto 181—200 KG.

De gemiddelde samenstelling van koolteer is:

2,50%	benzol en homologen.	
2,00 „	phenol „ „	
6,00 „	naphtaline.	
0,25 „	pyridin.	
20,00 „	zware oliën.	
2,00 „	anthraceen.	
38,00 „	asphalt.	pek
24,00 „	kolen.	pek
4,00 „	water.	
1,25 „	gassen en verliezen.	
Te zamen 100 %		

De verschillende bestanddeelen van de teer koken bij verschillende warmtegraden van 90°—100° over (gefractionneerde destillatie).

Gemiddelde prijs van het koolteer van gasfabrieken was vóór den oorlog *f* 3,— per 100 KG in vaten van 185 en 265 KG bruto.

Brandstoffen, Smeer-oliën en smeermiddelen.

Litteratuur.

Dosch.	Die Brennstoffe.
Fritszsche.	Die Untersuchung u. Bewertung der Brennstoffe.
Grothe.	Die Brennmaterialien.
Krüger.	Lehre von den Brennmaterialien.
A. Künkler.	Die Maschinenschmierung.
S. F. van Oss.	Petroleum. Een schets van petroleum-industrie en handel. Uitg. P. Noordhoff, Groningen.
A. Burgmann.	Petroleum und Erdwachs. Darstellung der Gewinnung von Erdöl und Erdwachs (Zeresin), deren Verarbeitung auf Leuchtöle und Paraffin u. s. w. 2. Aufl.
Ten Bosch en Verschoor.	Turfvergassing en enkele mededeelingen over vergassing van minderwaardige brandstoffen. Æ. E. Kluwer, Deventer.
C. Blankevoort.	Steenkolen, briketten en cokes. Æ. E. Kluwer, Deventer.
,, ,,	Onze Limburgsche steenkolen. Idem.

Brandstoffen.

Steenkolen.

De steenkolen kunnen worden ingedeeld als volgt:

Nr.	KOLENTYPE	Elementaire samenstelling	Verhouding O : H	Hoeveelheid cokes	Soortelijk gewicht der cokes
I	Droge kolen met lange vlam (zandkolen of gasvlamkolen)	75—80 %C 5,5—4,5 ,, H 12,5—15 ,, O	3—4	50—60	1,25
II	Vette kolen met lange vlam (gaskolen)	80—85 %C 5,8—5,0 ,, H 14,2—10,2,, O	2—3	60—68	1,28—1,30
III	Vette kolen (smeedkolen)	84—89 %C 5,5—5,0 ,, H 11—5,5 ,, O	1	68—74	1,30
IV	Vette kolen met korte vlam (cokoskolen of bakkolen)	88—91 %C 5,5—4,5 ,, H 6,8—5,5 ,, O	1	74—82	1,30—1,35
V	Magere kolen met korte vlam (anthraciet) . . .	90—93 %C 4,5—4,0 ,, H 5,5—3 ,, O	1	82—92	1,35—1,41

Kolen met lange vlam hebben minstens 25 % vluchtige bestanddeelen; die met korte vlam hoogstens 25 % vluchtige bestanddeelen.

Zandkolen hebben poedervormige, in het uiterste geval samengebakken cokes; magere kolen zoowel poedervormig als samengebakken. Vette kolen hebben gesmolten cokes; deze is bij de gaskolen sterk gespleten, bij smeedkolen eenigszins kompakt en bij cokeskolen zeer kompakt en weinig gespleten.

Bruinkolen zijn van de jongste formatie en gevormd in het tertiaire tijdperk; boschkolen in het oudere krijttijdperk, terwijl in het daaraanvoorafgegane carbonische tijdperk de cokes-, gas- en vlamkolen zijn ontstaan.

Cannelkool is een afzonderlijke soort kolen met hoog gasgehalte en goede cokes leverend.

De Limburgsche kolen worden onderscheiden naar het gasgehalte volgens de volgende indeeling:

magere kolen	7—15 °/₀ gas	gaskolen	30—37 °/₀ gas
vetkolen	20—30 „ „	gasvlamkolen	37—40 „ „

De Indische kolen (Sumatra) zijn van jonge geologische formatie, maar buitengewoon rijk aan vluchtige koolwaterstoffen en teer en alzoo van belang voor de bereiding van vloeibare brandstoffen.

De z.g. Ombiliënkolen onderscheidt men als volgt:

Stukkolen (middenmonster)

Vocht	7,5 °/₀
Vluchtige bestanddeelen	33,4 „
Vaste koolstof	55,1 „
Asch	3,9 „
Zwavel	0,63 „
Verbrandingswaarde	± 6900 calorieën.

Zuivere kolen laag A.

Vocht	5,4 °/₀
Vluchtige bestanddeelen	37,1 „
Vaste koolstof	57,5 „
Asch	0,9 „
Zwavel	0,45 „

Kolen laag C.

Vocht	7,8 °/₀
Vluchtige bestanddeelen	33,1 „
Vaste koolstof	57, „
Asch	2,1 „
Zwavel	0,5 „

Steenkolen ondergaan bij het liggen in de lucht een langzame oxydatie, welke bij zomertemperatuur, vooral in vochtigen toestand, in ontbranding kan overgaan. Deze wordt bevorderd, wanneer het aan de lucht blootgestelde oppervlak tengevolge van verweering is vergroot. Men doet daarom goed de kolen nat te houden, liefst geheel onder water te bewaren.

Steenkolenbriketten (komende uit het Ruhrgebied) worden uit de magere fijnere kolen gemaakt met teerpek als bindmiddel (7—9 °/₀). Zij hebben een gewicht van 3—5 KG, ook wel kleiner in eivorm van 35 en 125 gram.

De verdampingswaarde der briketten (uitgedrukt in KG stoom, welke 1 KG der briketten produceert) is volgens proefnemingen van de Kaiserliche Werft in Wilemshafen als volgt:

Briketten van de mijn	1 KG briketten geeft stoom KG
Viktor b. Castrop	8,83
Neu-Iserlohn	8,30—9,75
Siebenplaneten	8,22—9,19
Freie Vogel en Unverhofft	8,20
Gelsenkirchener Bergwerk-Gesellschaft	6,41
Briketten uit het Wurmgebied	6,93—8,66
Herkules	8,42—9,02
Dahlhäuser Tiefbau	8,02—9,02

Prijzen van kolen, briketten, enz.

De prijs van kolen *per ton* geleverd op eenige plaats van Nederland was vóór den oorlog:

voor anthraciet	f 18,— à f 20,—.
„ steenkolen	- 8,50 à - 10,50.

In kleinere hoeveelheden *per HL* was de prijs franco op het werk (1912):

van vlamkolen	f 1,—
„ Wales anthraciet	- 2,50
„ Belgische anthraciet	- 1,40 à f 1,60
„ Hollandsche anthraciet	- 1,30 à - 1,40
„ houtskolen	- 1,—
„ nootjeskolen	- 1,15
„ cokes ongeklopt	- 0,50
„ „ geklopt	- 0,60
gietcokes	- 0,90 à - 1,—
„ houtskoolbriketten per 100 st	- 2,50
„ bruinkool „ „ 100 „	- 0,50

Sinds den oorlog zijn de prijzen sterk de hoogte ingegaan. Vanaf 1 Maart 1920 golden te 's-Gravenhage de volgende maximum prijzen voor de Klein-industriekolen:

Benaming	Levering van meer dan 10 t. p. 10 ton	per 10 ton	p. ton	p. 100 K.G.
Emma en Duitsche Nootjes 1—3				
Limb. en Duitsche Nootjes 4 . .	f 635,—	f 645,—	f 66,50	f 6,85
Limb. en Duitsche Stukkolen .				
Limb. en Duitsche Nootjes 5 . .	- 630,—	- 640,—	- 66,—	- 6,80
Limb. Zuiggasanthraciet . . .	- 645,—	- 655,—	- 67,50	- 6,95
Limb. Steenkolen briketten . .	- 690.—	- 700,—	- 72,—	- 7,40
Limb. Fijnkolen (uitgez. Emma)	- 447,50	- 457,50	- 47,75	- 5,—
Emma Fijnkolen	- 577,50	- 587,50	- 60,75	- 6,30
Limb. Schachtkolen	- 540,—	- 550,—	- 57,—	- 5,90
Duitsche Vet- en Vlamforderkolen	- 560,—	- 570,—	- 59,—	- 6,10
Amerikaansche kolen	- 645,—	- 655,—	- 67,50	- 6,95
COKES.		Afgehaald	Thuisbezorgd	
1 H.L. grove- en parelcokes . .		f 2,85	f 2,95	
1 H.L. geklopte cokes		- 2.95	- 3,05	
1 H.L. gietcokes			- 4,57½	

Volledige gegevens over de wereldproductie gedurende den oorlog zijn nog niet beschikbaar, verder moet eenig voorbehoud nog in acht genomen worden bij de volgende tabel, die aangeeft de kolenproductie in millioenen tonnen van 1000 KG.

	1914	1915	1916	1917	1918
Vereenigde Staten	465	482	534	590	615
Engeland	269	257	260	252	231
Duitschland	245,5	235,1	158	167	261,3
Frankrijk	29	20	21	28,9	24,5
België	16	14	16,9	14,9	13,8
Spanje	4,1	4,4	5	5,3	6,5
Ned. Indië (Gouv. Ontg.) . . .	0,54	0,57	0,69	0,60	0,60

Destillatie-produkten.

Destillatie-producten van *steenkool* en *steenkoolteer*, welke ook voor brandstof gebezigd worden, zijn de volgende:

I. **Lichte oliën**, te onderscheiden in

a. *Benzol.*

Benzol (huile essentielle) is een sterk lichtbrekende kleurlooze vloeistof met een kookpunt van 80—85° C. en een soortelijk gewicht van 0,899 benzol van 100% bij 15° C. heeft een s.g. van 0,885). Het is met water niet mengbaar en brandt met roetende vlam.

Uit 1 ton steenkool, welke tot cokes wordt verwerkt, wordt ongeveer 5 KG benzol verkregen. De benzol in den handel heeft een gehalte van 90% en kostte per 100 KG f 15,— tot f 24,— of per liter gemiddeld f 0,20. De warmtewaarde is 10 033 calorieën per KG of 8879 per liter. Het product wordt in Amerika in groote hoeveelheid verkregen bij de productie van toluol. Vroeger was de prijs hooger dan van de gasoline, maar nu is zij zoo gedaald, dat benzol daarmede gemengd wordt om gasoline te sparen.

b. *Toluol* of methylbenzol is een kleurlooze vloeistof met een kookpunt van 110° en een s.g. van 0,869 bij 66° C. Zij dient voor bereiding van kleurstoffen en ontplofingsmiddelen. en c. *Xylol* een dimethylbenzol, welke voornamelijk als oplosmiddel wordt gebezigd, respectievelijk met kookpunten van 109—115 en 138—140° C.

II. **Midden-olie** met kookpunt van 170—230° en gem. s. g. van 1,010 te onderscheiden in:

a. 1e *naphtaline* met smeltpunt van 69° C.
b. *carbolzuren.*

III. **Zware oliën** met kookpunt van 230—270° C. en gem. s.g. van 1,040 te onderscheiden in:
a. 2e *naphtaline*
b. *kreosootolie*, s.g. 0,940—980.
c. 1e *anthraceenolie*, s.g. 1,068.

IV. **Anthraceen-olie** kookpunt 270—320° C. en s.g. van 1,100 te onderscheiden in:
a. 2e *anthraceenolie* met s.g. van 1,110.
b. *zware* (*donkere*) *olie.*
Terwijl als laatste product het *pek* overblijft.

Steenkoolteerolie bestaat uit een mengsel der vier laatstgenoemde oliën, heeft een s.g. van 1,050—1,120 en een ontvlammingspunt van 65° C. Het kookpunt is 200° C. en volkomen vervluchtiging heeft plaats bij 360° C. De verbrandingswaarde is 8800—9500 calorieën. De olie wordt voor Dieselmotoren gebezigd.

In de laatste jaren zijn door het Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung te Mühlheim am Ruhr belangrijke proeven genomen met het destilleeren van kolen bij lage temperatuur met het resultaat, dat uit de kolen van het belangrijke product teer meer, maar van het gas minder gewonnen werd. Deze zoogenaamde oerteer kan als vloeibare brandstof gebruikt worden en ook is er smeerolie uit te halen.

Destillatieproducten van bruinkoolteer, welke voor brandstof worden gebezigd zijn:

1) *Lampenolie* met kookpunt van 170—210° C., ontvlammingspunt van 40—50° C. en s.g. van 0,820—0,830.
2) *Paraffine-olie* (heldere) met ontvlammingspunt van 65—85° C., kookpunt van 360° C. en s.g. van 0,850—0,900.
3) *Paraffine-olie* (donkere) met ontvlammingspunt van 160—165° C. kookpunt van 300—400° C. en s.g. van 0,865—0,915.

De rest na destillatie wordt gevormd uit asphalt en pek.

Als bijproduct wordt ook kreosootolie gewonnen, welke met paraffine-olie als stookmateriaal in den handel komt; de andere oliën dienen hoofdzakelijk als motorolie en ter bereiding van olie- en vetgas.

Door destillatie van harsrijk hout wordt houtteer (goudron, tar) verkregen, dat zwart en taai is en hetwelk gebruikt wordt om hout te bedekken, touwen te drenken enz.

Turf.

Men onderscheidt:
1e. harde, korte, of baggerturf van lage venen afkomstig;
2e. losse, lange of steekturf uit hooge venen;
3e. mos-, hei- of gele turf.

De gemiddelde samenstelling van de droge turf is:

45 % koolstof verbonden met
25,5 „ zuurstof en
4,5 „ waterstof, benevens
18 „ water en
7 „ asch.

Om het volume te verminderen wordt de turf ook wel geperst tot pers- of Rahderturf. Ook vervaardigt men turfbriketten (Griendtsveen) in den vorm van langwerpige of vierkante blokken.

De gele turf levert voornamelijk het turfstrooisel, dat ook veel van hoogveenturf wordt gemaakt.

De prijs van de turf loopt voor verschillende plaatsen sterk uiteen en wordt voornamelijk beheerscht door haar ligging; hij wisselt van f 4,— tot f 8,— per 1000 stuks. De lange turf is in den regel iets duurder dan de korte (f 0,20 à f 0,25 per 1000).

Bruinkool.

De termen bruinkool en ligniet zijn niet nauwkeurig te omschrijven. Voor Holland is het het beste het woord ligniet niet te gebruiken, maar alleen te spreken van aardachtige bruinkool, dichte bruinkool, verkoold hout enz.

De gemiddelde samenstelling van droge bruinkool is:

5,09% waterstof
63,68% koolstof
3,51% zwavel
0,39% stikstof
16,06% zuurstof
11,27% asch

Het watergehalte varieert van 54% tot 61%.

Hout.

Het hoofdbestanddeel van hout zijn de houtvezels (cellulose). Gekapt hout bevat 40%, luchtdroog hout 20% hygroscopisch water. De samenstelling van luchtdroog hout is gemiddeld 40% C

40% chemisch gebonden H_2O
20% hygroscopisch „ „ .

Het gemiddeld aschgehalte is 1,5%.

De onderstaande tabel geeft in tonnen van 1000 KG de productie aan van de voornaamste brandstoffen in Nederland.

Brandstoffen	1916	1917	1918	1919
Steenkolen (1)	2 656 087	3 126 012	3 546 605	3 222 445(2)
Turf (3)		2 048 315	2 115 980	2 457 250
Bruinkolen		39 627 (4)	1 425 617	1 695 021(2)

Ruwe Petroleum of Aardolie.

De *ruwe petroleum* is een samengesteld mengsel van verschillende koolwaterstoffen, welke door destillatie te scheiden zijn. Zij toont groote verschillen in samenstelling Sommige soorten van Java en Borneo bevatten veel aromatische koolwaterstoffen, andere van Borneo bevatten veel hoogere koolwaterstoffen der reeks $C_n H_{2n+2}$

De kleur is in den regel donkerbruin, nu en dan helder wit, groen, of roodachtig zwart.

De destillatie wordt tegenwoordig in hoofdzaak gericht op de scheiding van vier fracties: *benzine*, *kerosine* (lampolie) *motor* -of *gasolie* (Solarolie, enz.) en *residu*, achtereenvolgens naar haar lichtheid gerangschikt. Scherpe grenzen bestaan er niet. De fracties ondergaan veelal een zuivering door behandeling met sterk zwavelzuur gevolgd door wasschen met water en natriumhydroxyde-oplossing. Naar de hoofdfracties is de samenstelling van verschillende ruwoliesoorten ongeveer als volgt:

Oorsprong	Ruwe benzine	Kerosine	Residu
Pennsylvanië . . .	10—20 gew.%	60—75 gew.%	5—10 gew.%
Galicië	3—6 „	55—65 „	30—40 „
Baku	10,5 „	40 „	36 „
Borneo (Sanga-Sanga)	0—18 „	0—50 „	30—100 „

Reduced oil is een ruwe zware olie, van haar meest vluchtige bestanddeelen ontdaan; wanneer dit verkregen is door eenvoudige blootstelling aan de lucht, spreekt men van Masut.

1. Benzine of Naphta.

De benzine (essence du commerce) wordt als destillatieproduct verkregen uit de ruwe petroleum ter gemiddelde hoeveelheid van 5%.

De Amerikaansche ruwe petroleum bevat minder benzine dan de Indische en Russische. De laatste benzine is voor motoren beter dan de eerstgenoemde Voor motoren is benzine van b.v. 0,7000 soortelijk gewicht, welke boven 150° C. kookt, veel minder bruikbaar dan die ongeveer tot 140° C. overdestilleert.

1) Opbrengst van Staats- en particuliere mijnen met inbegrip van kolenslik.
2) Opbrengst voor de eerste elf maanden.
3) In 1000 stuks; opbrengst in de 4 Noordelijke prov. aan lange-, span- en baggerturf.
4) Opbrengst voor de laatste vijf maanden.

Thans komt veel benzine met eindkookpunt van 170° C. aan de markt. Het s.g. varieert bij 15° C. van 0,61 tot 0.78; de warmtewaarde is gemiddeld 7700 calorieën per L.

De benzine kan weder onderverdeeld worden in:

		kookpunt °C.	Soort. gewicht.
1)	rigoline	30	beneden 610
2)	petroleumaether (naphta I)	40—60	0,610—675
3)	gasoline (benzine)	55—75	0,640—670
	a) motor-benzine I	66—80	0,680—695
	b) ,, ,, II	80—100	0,705—725
4)	ligroine (naphta II)	80—120	0,680—720
5)	kunstmatige terpentijnolie	85	0,730—740
6)	ontvettings-benzine	90—120	0,740—750
7)	zware (wasch) benzine	110—140	0,770—780

In de laatste jaren (1917) liep de prijs te New-York op van 12 Am. ct. tot 24 ct. de Am. gallon en men verwacht nog hoogere prijzen.

2. Kerosine of lampolie.

De *gewone voor verlichting bestemde petroleum* (lampenpetroleum) is het door destillatie bij een kookpunt, gelegen tusschen 110 en 150° C., overgaande product met een soortelijk gewicht van 0,78 tot 0,82.

Amerikaansche olie bevat daarvan 70 à 78%, de Russische slechts gemiddeld 30%. Sumatra- en Java-oliën hebben ongeveer de samenstelling van de Amerikaansche, uit Borneo komt hoofdzakelijk zware olie.

Het ontvlammingspunt moet boven de 21° C. liggen.

De handelswaarde wordt naar de kleur beoordeeld, hoewel bruikbaarheid en kleur niet direct met elkaar in verband staan (waterwhite, superfine white, prime-white en standard white).

Goede geraffineerde petroleum of kerosine (lichtolie, lampenpetroleum, pétrole lampant) moet helder zijn en witte of geelachtig witte blauwschijnende kleur en toch den reuk van ruwe naphta of van de ruwe petroleum hebben. Bij 20° C. moet Amerikaansche petroleum een s. g. van 0,792—0,807 en Kaukasische petroleum van niet meer dan 0,822 bezitten.

Bij een barometerstand van 760 mM en tot 23° C. verwarmd, mogen geen ontvlambare dampen ontwijken.

De gemiddelde handelsprijs was in 1900—1906:

van Amerikaansche petroleum per 100 KG	f 13,00—13,50
,, Russische ,, ,, ,, ,,	f 12.00—13,00

3. Gasolie of motorolie.

Deze olie (huile à gaz, Gasöl, huile motrice) is een destallatieproduct van de ruwe petroleum boven de 150° C. met een soortelijk gewicht van gemiddeld 0,865 en een verbrandingswaarde van ongeveer 11000 calorieën. Zij is een bruine, doorschijnende olie met een doordringenden reuk en donkeren weerschijn. Men kan haar onderverdeelen in de volgende fracties:

		kookpunt °C.	soort. gewicht.
1)	lichte solar-olie	175—200	0,825—835
2)	zware solar-olie ook ruwe motorolie genoemd)	190—230	0,860—880
3)	gemengde olie		0,880—890
4)	gasolieteer	230—260	0,890—1010

De motorolie heeft een ontvlammingspunt van ongeveer 55° C.

De prijs in 1913 was ongeveer f 7,— per 100 KG.

Amerikaansche f 7,10 per 100 KG (1913)

Rumeensche - 7,00 ,, 100 ,,

Voor de fusten, waarin de olie verkocht wordt, betaalt men ongeveer f 2,40.

4. Residu.

Residu noemt men hetgeen overblijft, als de eerstgenoemde fracties zijn afgestookt. Meestal wordt daarbij de verhitting tot 300° C. voortgezet. Het wordt ook voor Dieselmotoren gebezigd. Hieruit kunnen door destillatie weder de volgende producten worden verkregen:

a. *Smeerolie* (s.g. 860–960, ontvlammingspunt 190–250°C., kookpunt boven 300°C.):

	soort. gewicht.		soort. gewicht.
1. asolie I	0,895—900	4. machineolie II	0,910—915
2. ,, II	0,900—906	5. cilinderolie I (licht)	0,915—920
3. machineolie I	0,906—910	6. ,, II (donker)	0,920—950

b. *Masut* (Rusland, Galicië) of Astatki (Rumenië), Wayoka (Japan) wordt gebezigd als brandstof voor ketels, watergasfabricage, enz. Soortelijk gewicht 920—960, kookpunt ± 300° C., ontvlammingspunt 80—180° C. Uit deze masut wordt achtereenvolgens verkregen paraffine-olie, vaseline, paraffine, asphalt, pek, en zware masut.

Vaseline wordt meestal verkregen door extractie van hetgeen na destillatie van paraffineolie achter is gebleven met petroleumether.

Paraffine heeft men in zachte soorten met smeltpunt van 44—48° C. en in harde met smeltpunt van 52—58° C. Zij dienen tot kaarsenbereiding en voor het waterdichtmaken van weefsels, enz. Zij worden uit de paraffine-olie verkregen.

Aethylalkohol.

De voor brandstof dienende gedenatureerde aethylalcohol of brandspiritus is een alcohol van 96%. Zij brandt met een blauwe, weinig lichtgevende vlam en wordt bereid door gisting van suikeroplossing, welke kan worden verkregen uit melasse (Ned.-Indië), aardappelmeel en granen.

Het soortelijk gewicht van gedenatureerden en gecarbureerden alcohol van 50% is 0,854. De warmtewaarde van gewonen alcohol is 5 954 calorieën per KG of 4917 cal. per Liter; van gecarbureerden alcohol 7878 cal. per KG of 6728 per Liter.

Onderzoek van brandstoffen.

Onderzoek van kolen.

Een volledige installatie voor een betrouwbaar en eenvoudig calorimetrisch onderzoek en voor de bepaling van het asch- en watergehalte kon men vóór den oorlog voor den prijs van ongeveer f 500 krijgen. Van de vroeger toegepaste analytische methode voor de bepaling der calorische waarde, welke dure apparaten eischt en door specialiteiten moet worden uitgevoerd, kan men afzien.

Moet het gehalte van kolen onderzocht worden, dan neme men van elke lading een schopvol en doe deze in een vat. Na menging en deeling wordt de geheele hoeveelheid kwadratisch uitgespreid en diagonaalsgewijze in vieren verdeeld. Twee tegenover elkaar gelegen parten worden vermengd, weder fijn geklopt, nogmaals uitgespreid en verdeeld. Op deze wijze wordt doorgegaan, tot een hoeveelheid van 10 KG overblijft, welke in goed gesloten vaten voor het onderzoek beschikbaar worden gesteld. Deze vaten moeten luchtdicht zijn, ingeval een onderzoek op vochtgehalte moet plaats vinden.

Het geheele onderzoek wordt met luchtdroog materiaal verricht. Het gemiddelde monster wordt daartoe 48 uur in droge lucht uitgespreid.

Bepaling van het watergehalte.

1 Gr. koolpoeder wordt in een getarreerd weegglaasje van 4 cM middellijn en 2½ cM hoogte in een droogkast gedurende 2 uren bij 110° C. gehouden, waarna het met een glazen stolp goed dicht wordt gesloten en na afkoeling gewogen. Het gewichtsverlies is het watergehalte.

Bepaling van het aschgehalte.

1 Gr. koolpoeder wordt in een getarreerd verkolingsbakje van 3 × 5 × 1 cM van platina gelijkmatig uitgespreid en met een kleine vlam van uit één zijde beginnend voorzichtig verwarmd. Het is raadzaam het bakje met een glimmerplaatje te bedekken. Zijn alle gassen ontweken, dan wordt het plaatje verwijderd en de vlam vergroot tot alles gloeit, geen enkel zwart puntje in de asch meer zichtbaar is en het gewicht er van niet meer afneemt.

Het aschgehalte en daarmede de calorische waarde van één en dezelfde steenkolensoort kan veel variëeren.

Elementair-analyse.

De bepaling der hoeveelheid koolstof en waterstof geschiedt door het verbranden van 0,25 gram koolpoeder in een van koperoxyde en loodchromaat voorziene en zorgvuldig uitgegloeide glazen buis van weinig smeltbaar glas in een stroom van zuiver gedroogde zuurstof. De verbrandingsproducten, waterdamp en koolzuur worden in een chloorcalciumbuis en kali-apparaat opgevangen. Uit de gewichtstoename, welke voor 1 Gr. kolen met 4 moet worden vermenigvuldigd, vindt men door vermenigvuldiging der hoeveelheid koolzuur met 3/11 de hoeveelheid koolstof. Van het verbrandingswater wordt het hygroscopische water afgetrokken. De rest door 9 gedeeld geeft de waterstof.

Bepaling der verbrandingswaarde.

De verbrandingswarmte of de theoretische verbrandingswaarde kan worden bepaald uit de elementaire samenstelling (formule van Dulong). Zijn C, H, O, S en

H_2O de gevonden gehalten in procenten van koolstof, waterstof, zuurstof, zwavel en hygroscopisch water, dan is, met een voor de practijk voldoende nauwkeurigheid, de verbrandingswaarde:

$$81\ C \times 290 \left(H - \frac{O}{8}\right) + 25\ S - H_2O \text{ in WE},$$

daar de verbrandingswarmte van 1% (1/100 gewichtsdeel) koolstof = 81 WE van 1% waterstof 290 WE, van 1% zwavel 25WE en de verdampingswarmte van 1/100 gewichtsdeel water 6 WE is.

De formule is alleen voor kolen geldig en geeft voor bruinkolen afwijkingen van ten hoogste 3% en voor steenkolen van 1%. De bepaling van het calorisch effekt uit de elementair-analyse geeft in het algemeen schommelende en geen nauwkeurige resultaten, en men dient daarom gemiddelden te nemen.

De zuivere bepaling heeft plaats in een calorimeter (bijv. van *Berthelot-Mahler)*.

Bepaling door het ontleden van loodglit. Men neemt 1 gram fijngepoederde brandstof met 40 gram loodglit en weegt na verhitting gedurende 10 minuten het vrijgemaakte metallische lood. Weegt deze hoeveelheid p gram, dan is de verbrandingswarmte 234 × p calorieën.

Bij ketelaanleg is in de practijk voor de beoordeeling van de bruikbaarheid van een kolensoort de *verdampingswaarde* (het verdampingscijfer) maatgevend. Hieronder wordt verstaan het aantal KG stoom van bepaalde spanning, dat bij verbranding van 1 KG kolen kan worden verkregen.

Voor de verschillende kolensoorten bepaalt men alsdan:

1. de gedurende de proef verdampte hoeveelheid water.
2. idem de verbruikte hoeveelheid kolen in KG.
3. den stoomdruk of de temperatuur van den stoom en de temperatuur van het voedingswater,
4. de sterkte van den schoorsteentrek,
5. de temperatuur van de verbrandingsgassen op het punt, waar zij den ketel verlaten,
6. de samenstelling der afgewerkte gassen, waaruit tevens kan worden nagegaan, of de verbranding volkomen en de toegevoerde lucht voldoende was.

De proef moet minstens 10 uur duren.

Om te beoordeelen, of men voor hetzelfde geld steeds gelijke waar ontvangt, kan men als basis aannemen den z.g. *warmteprijs*. Hieronder verstaat men den prijs van 100 000 warmte-eenheden (WE) van de brandstof, welke als volgt wordt berekend:

Is M de prijs van een soort steenkool per ton, en K de verbrandingswaarde in WE, dan is de warmteprijs

$$W_p = \frac{M}{K \times 1000} \times 100\,000 = 100\ \frac{M}{K}$$

dus bij M = f 10,— en K = 6500 W E

is $$W_p = 100 \times \frac{1000}{6500} = 15{,}4 \text{ cent}$$

Men neemt nu uit een groote proeflevering kolen van b.v. 10 wagons uit elk der wagons een monster, waarvan men de calorische waarde en het asch- en watergehalte laat bepalen. De gevonden gemiddelde calorische waarde wordt nu als normaalcijfer aangehouden en daaruit de warmteprijs berekend. Verandert de warmtewaarde der loopende leveranties, dan moet de prijs per ton naar evenredigheid dalen of stijgen.

Smeermiddelen.

Smeeroliën.

Plantaardige en dierlijke vetten bezitten vele eigenschappen, welke hen voor smering ongeschikt maken. Zij worden stijf en hard in de lucht, zijn niet bestand tegen hooge temperaturen en geven bij oxydatie vetzuren, welke schadelijk kunnen werken. Deze gebreken bezitten de *minerale* oliën niet (zie bldz. 590 bij Residu) zij zijn daarom de beste smeeroliën. Het ontvlammingspunt wisselt van 150° tot 325°, het soortelijk gewicht van 0,875 tot 0,950. Doelmatige mineraal-oliën zijn:

a. voor stoomcilinders:

een taaie olie met hoog kookpunt, een soortelijk gewicht van 0,90 tot 0,915 en een vlampunt van boven de 250°.

b. voor gas- en petroleummotoren:
een niet te dun vloeibare olie met hoog kookpunt, een soortelijk gewicht van 0,91 tot 0,915 en een vlampunt van minstens 300°.

Men kan ook een olie met lager ontvlammingspunt zooals de gewone mineralen krukpenolie met vlampunt van minstens 180° bezigen.

c. voor zwaar belaste kussens en glijdvlakken, een strooperige niet te dunne olie met een vlampunt niet beneden de 170°.

d. voor licht belaste kussens, zooals drijfwerken, een minder strooperige olie (wat dunner dan ruwolie).

e. voor fijne machinedeelen, zooals spillen, enz. een zeer dunne olie.

Volgens de voorschriften voor de levering van minerale smeerolie bij de Kon. Pruisische Staatsspoorwegen, moet deze worden geleverd als zomer- en winterolie en bij 20° C. een soortelijk gewicht bezitten van 0,90—0,94. Tot 160° C. verhit, mag de zomerolie en op 145° C. verhit de winterolie geen ontvlambare dampen laten ontwijken. Zomerolie moet bij —5° C., winterolie bij —20° C. nog vloeibaar zijn. De olie mag hoogstens 0,3% organische zuren bevatten en alleen een zwakken reuk bezitten. Zij moet in de verhouding van 1 op 40 volumedeelen in petroleumbenzine van 0,67—0,70 soortelijk gewicht volkomen oplosbaar zijn en na 24 uren staan slechts sporen van bezinksel vertoonen. De olie mag verder aan de lucht blootgesteld geen verhardings- of opdrogingsvermogen bezitten. Olie voor uurwerken moet behalve bovenstaand oplossingsvermogen in benzine bij 20° C. een soortelijk gewicht hebben van niet beneden 0,9 en niet boven 0,915 en een viscositeit van 10—20 bezitten. Tot 160° C. verhit, mogen geen ontvlambare dampen ontwijken en bij —15° C. moet zij vloeibaar zijn.

In hêt algemeen worden minder goede smeeroliën, tot 450° F. verhit, donkerder van kleur; goede oliën veranderen bij die temperatuur haast niet van kleur. De aanwezigheid van zuren kan behalve met blauw lakmoespapier, worden aangetoond door het toevoegen van koper-oxydule; na ongeveer 20 minuten krijgt zure olie een licht- tot blauwgroene kleur, zuivere olie blijft onveranderd. Hetzelfde resultaat bereikt men door een druppel olie op een stukje glad koper eenigen tijd op een warme plaats te leggen. Men vindt dan bij aanwezigheid van zuren na een kwartier een groenen kring om den druppel. Grafietbijmenging in de olie kan men herkennen, wanneer de olie geen licht barnsteenen kleur heeft.

Russische smeerolie komt in ons land in drie soorten voor, genoemd naar de drie groote maatschappijen: Sciebaeff, Bakouin en Nobel. Zij worden meestal in Antwerpen in tankschepen aangevoerd.

Russische minerale smeerolie heeft een soortelijk gewicht van 0,906—0,908. Russische cilinderolie heeft men in drie soorten:

zware met s.g. 0,915,
groenachtig roode met s.g. . . 0,900,
donkerbruine met s.g. . . . . 0,895.

De Amerikaansche cilinderolie komt in vaten van de Standard Oil-Company. Het soortelijk gewicht is 0,885, de prijs was ongeveer f 12,— per 100 KG.

De verschillende oliën worden geleverd in fusten van 170 tot 200 KG of in bussen van 2½ tot 50 L inhoud. Per 100 KG waren de prijzen begin 1920 ongeveer als volgt:

Boor-oliën . . . . . f 52,—
Machine-oliën . . . . - 38,—
Cilinder-oliën . . . . - 42,—
Spindel-oliën . . . . - 32,—
Motor- en auto-oliën . - 45,—

Wagensmeer wordt gemaakt volgens de onderstaande recepten:

Voor zware lastwagens in den wintertijd: Talk 420 dln; Palmolie 840 dln.; Soda 140 dln.; Water 4200 dln. Dito voor den zomer: Talk 420 dln.; Palmolie 490 dln.; Soda 35 dln.; Water 2300 dln.

Een zeer goed wagensmeer voor snelrijdende wagens kan men maken uit oleïnezuur, door dit te koken en dan in den ketel fijn gemalen loodglit te brengen en wel op 4 dln. oleïnezuur 1 deel loodglit. Men roert ca. een half uur lang en laat dan langzaam afkoelen. Voor langzaam rijdende wagens maakt men het smeer iets dunner door terstond bij het smelten wat traan door de massa te mengen. Op 100 dln. loodvet ca. 20 à 25 dln. traan.

Voor luxe rijtuigen en wagens is het volgende recept aan te bevelen:

Talk 500 dln.; lijnolie 500 dln.; dennenhars 500 dln.; kaustieke soda 315 dln. Men smelt eerst het hars, voegt dan de talk en de lijnolie toe en als deze gesmolten en alles goed gemengd is, voegt men de loog van kaustieke soda langzaam onder voortdurend omroeren toe. Men krijgt dan na afkoeling een lichtgeel zalfachtig mooi smeer, dat uitstekend smeert.

Consistentvet of machinevet is een mengsel van minerale en plantaardige olie al of niet met vet, waaraan kalk (melk) en natronloog wordt toegevoegd.

Goed consistentvet wordt bereid uit:

650	gewichtsdeelen	paraffinevrije minerale olie b.v. Russische petroleum.
150	,,	raapolie (of katoenzaad-olie),
1,25	,,	kolophoniumhars,
1,25	,,	natronloog van 35° Bé,
37	,,	gebluschte kalk,
3	,,	palmkern-olie.

Eerst worden gelijke deelen raap- en minerale olie met de kalk samen in een ketel gekookt, waarna de kolophonium en natronloog worden toegevoegd, waardoor de massa verzeept, waarna de rest van de minerale olie wordt toegevoegd met de palmkernolie. Het consistentvet moet helder en homogeen zijn, het watergehalte niet hooger dan 2%, het gehalte aan kalkzeep niet hooger dan 10% en verder neutraal reageeren.

Tengevolge van de groote cohesie is consistentvet zeer geschikt voor smering van zwaar belaste deelen.

Men heeft het vet hooggeel en geel, prijs f 58,— per 100 KG; en bruinachtig f 65,— per 100 KG. (begin 1920)

Grafietsmeer, kan volgens het volgende recept worden bereid, (voor kamwielen):

	20	gew. deelen	grafiet
	20	,, ,,	palmkern-olie,
	30	,, ,,	talk,
	10	,, ,,	traan.

onder voortdurend roeren samensmelten.

Of ook	10	gew. deelen	grafiet,
	15	,, ,,	raapolie,
	10	,, ,,	paardevet.

Natuurlijke grafiet is niet fijn genoeg en te veel verontreinigd, om als smeermiddel gebruikt te worden.

Dr. Acheson heeft kunstmatige grafiet bereid, die wel aan het doel beantwoordt. Door cokes in een zeer sterk electrisch verhitten oven te brengen zet zich de koolstof na verdamping in den vorm van een vettig grafiet af. Door behandeling met looizuur is deze uiterst fijne koolstof in colloïdale oplossing te brengen. Door zuren slaat zij weer neer, dus mag de olie, waarin ze gebruikt wordt, geen zuren bevatten.

Deze *d* (efloculated) *a* (cheson)*g* (rafiet) wordt in waterige oplossing als *aquadag* en in olie als *oildag* in den handel gebracht.

Toepassing dezer producten geeft een aanmerkelijke besparing op de te gebruiken smeermiddelen.

Vetten worden vervalscht met zeep, traan, hars, teer, kalk, ook met veel talk Men kan ze herkennen door tot 250° C. te verwarmen, waarbij het minderwaardige vet zich afscheidt en de vaste stoffen naar den bodem zinken.

Keuring van oliën en smeermiddelen.

Behalve *physisch* worden de smeermiddelen nog *chemisch onderzocht.* Physisch met behulp van toestellen als areo- en pyknometers (voor het soortelijk gewicht), viscosimeters (voor de viscositeit), vlampuntmeters, enz. en chemisch door toevoeging van andere stoffen op het zuur-, basen-, water-, asch-, lijm- enz. gehalte.

Gewicht en ruimte van verschillende stoffen.

(Zie voor soort. gewicht ook bij de diverse onderwerpen).

Grondsoorten.

Ruimtegewicht in KG per M³.

Nederland.

a. In natuurlijken toestand (gemeten in uitgraving):

Soort	Droog	Vochtig	Met water verzadigd
Duinzand	1550	1700	1950
Rivierzand	1650	1800	2000
Fijn zand	1400	1800	1900
Zand (kleiachtig).		1750	
Klei en leem	1500	1700	1800
Tuin- of teelaarde	1400	1500	1650
Veengrond	230	500	970
Modder			1640
Grint	1400	1500	1900

b. Ontgraven grond (gemeten in ophooging):

Soort	Los	Aangestampt
Normaalzand (v. Nijmegen)	1595	
Metselzand	1200 à 1300	
Fijn zand (in schuiten geladen) . .	1250	1650
Vormzand	1200	1650
Klei (droog)	1250	1800
Leem (vochtig)	1500	
Tuinaarde	1400	1450

Ned.-Indië.

Zeer fijn magneetijzerzand (Tandj. Priok) 2720 KG per M³.
zand uit de rivieren 1074 KG per M³.

Soortelijk gewicht.

kwartszand 2,580 à 2,660
kiezel 2,620 à 2,645
slakkenzand 2,890 à 2,970.

Mortelmaterialen en mortels.

Ruimtegewicht in KG per M³.

droog gemeten, niet vast ineengeschud:
ongebluschte kluitkalk . . . . 800 à 900
gebluschte kalk: schelpkalk . . . 600
vette Luiksche kalk 500 à 520
waterkalk . . . . 550 à 600
Doorniksche kalk . 700 à 750
Gembongkalk . . 500
Koraalkalk (Ned. Indië) losgeschud 635.
Cement van gebakken steen (Ned.-Indië) 1220—1260.
gips, gegoten en gedroogd . . . . 970, gebrand 1810, gezeefd 1250—1400
tras (gemalen) los . . . . 950 à 980, ineengeschud 1100 à 1150
Moeriah-tras los 795
tras van Herfeldt te Andernach los . 880
portlandcement . . . . 1350 à 1450, ineengeschud 1600 à 2050
„ los ingeloopen ± 1200
„ gestampt ± 1800.

Mortels, versch tot verwerken gereed:

kalkmortel	1900
slappe basterd trasmortel . .	1825
basterd „ . . .	1750
sterke trasmortel	1600
enkel cementmortel	2050
cementmortel (1 cement, 2 zand)	2000
roode cementmortel (Ned.-Indië) (1 kalk, 1 zand, 1 cement) .	1860

Soortelijk gewicht:

portlandcement $\pm$ 3.

Steensoorten.

Soortelijk gewicht:

Baksteen: Waalklinker	droog 1,90,	met water verzadigd	2,10
„ hardgrauw . .	„ 1,85,	„ „ „	2,00
„ rood	„ 1,80,	„ „ „	1,90

Ned.-Ind. baksteen, gewicht van een steen gouvernementsmodel van gemiddelde droogte 3,05 KG of 4 katti, 14 thail.

Natuursteen:

Belgische hardsteen . .	2,7 à 2,75	Graniet	2,60 à 2,90
Zandsteen	2,15 à 2,65	Trachiet	2,60
Kalksteen	2,20 à 2,80	Porphier (Quenast) . .	2,70
Lei	2,66	Basalt	2,95 à 3,00
Marmer	2,52 à 2,85	Koraal (droog) . . .	0,75

Doorniksche steen, nieuw 2,68, oud doorwaterd 2,71, gezet aan steenglooiing 2,15 à 2,30.

Vilvoordsche steen, nieuw 2,31, oud 2,60, gezet aan steenglooiing 1,88.

Lessinesche steen 2,80, gezet aan steenglooiing 2,10.

Ruimtegewicht.

Zuilenbasalt aan muren gestapeld per M^3 1775 KG, gezet aan steenglooiing per M^3 2200 à 2350 KG.

Puin of brikken droog 1250 KG per M^3, nat 1450 KG per M^3

Steenslag voor wegen 1500 à 1700 KG per M^3.

gebakken steen (Nederland) 1150 à 1250 KG/M^3.

„ „ (Ned.-Indië) 1050 à 1100 „

Rolsteenen (Ned.-Indië) 50—90 KG zwaar, per M^3 1500—1600 KG.

1— 3 „ „ „ „ 1700—1800 „

Schelpen droog 750 KG per M^3, nat 1020 KG per M^3.

Toeslagen voor beton:

Kies- en kieszanden	1400 à 1660 KGM³
Kiezels	1400 à 1500 „
Steenslag van natuurlijke steen	1250 à 1530
„ „ graniet	1250 à 1410
„ „ basalt	1350 à 1400
„ „ gebakken steen	990 à 1200
Slakkenzand droog	680 à 700
Bimszand	730

Metselwerken en beton.

Gewicht in KG per M^3:

Metselwerk van gebakken steen	1750 à 1850
„ „ hardsteen	2500
„ „ zandsteen	2100 à 2200
„ „ breuksteen	2400
„ „ zuilenbasalt in beton . .	2500

Beton: magere basterd trasbeton met baksteenstukken (verhard en droog)	1700
met water verzadigd	2300
cementbeton van baksteenstukken (verhard en droog) . . .	1700 à 1800
„ grint (idem)	2050 à 2300
idem, versch en vochtig	2300 à 2450
beton van briksteen en rood-cementmortel (Ned.-Indië) . .	1950 à 2000

Betonijzer 2300—2500 KG.

Verschillende bouwstoffen en preparaten.

Soortelijk gewicht:

Asbest	2,10 à 2,80	Papier	0,70 à 1,15
Asphalt	1,10 à 1,50	Porcelein	2,30 à 2,50
Drijfsteen	0,85	Linoleum	1,15 à 1,30
Pek	1,06 à 1,10	Teer (steenkolen)	1,20
Glas (venster)	2,60 à 2,65	Xylolith	1,553
Glas (spiegel)	2,40 à 2,60		

Kurksteen 250 KG/M³. Rietplanken 750 KG per M³.

Water, sneeuw en ijs.

water (putwater) per M³	1000—1014 KG.
,, (zeewater) ,, ,,	1020—1030 (1026) KG.
ijs	880— 920
sneeuw (los)	125— 250
,, (gewoon)	250— 500

Versch gevallen sneeuw heeft een gewicht van 0,1 KG per Liter. Voor enkele sneeuwvallen hangt de dichtheid hoofdzakelijk van de temperatuur af; bij de laagste temperatuur is zij 0,04, bij hoogere 0,66. Door vorst, rijp of regen wordt zij grooter dan de temperatuurwaarde. Hoe langer de sneeuwlaag liggen blijft, hoe grooter de dichtheid. Deze neemt met de diepte onder het sneeuwoppervlak toe, hoofdzakelijk tengevolge van het ontwijken van lucht.

Plantaardige stoffen.

Hout.

Verstaat men onder het soortelijk gewicht het specifiek gewicht van het poreuze houtweefsel met al de luchtholten en bestanddeelen in de cellen en vaten, dan loopt het voor eenzelfde houtsoort veel uiteen. Het soortelijk gewicht der zuivere compacte houtmassa, welke zonder tusschenruimte wordt gedacht, is evenwel voor elke houtsoort gelijk en kan voor al het hout gemiddeld op 1,56 worden aangenomen.

Ook het gewicht van het hout van één en denzelfden boom loopt nog uiteen; in het algemeen is het wortelhout het lichtste hout, terwijl het takhout gewoonlijk grooter gewicht heeft dan het wortelhout en geringer dan het stamhout. Bij het stamhout loopen de gewichten uiteen, naarmate men de houtlagen van de kern of het spint neemt. Van een houtsoort zal het soortelijk gewicht zich dan ook tusschen zekere grenswaarden bewegen, welke hieronder voor de belangrijkste soorten zijn opgegeven en welke gelden voor het hout in luchtdrogen toestand, daar, zooals begrijpelijk is, de vochtigheidstoestand van het hout van grooten invloed op het gewicht zal zijn.

NAAM der SOORTÈN.	VERSCH GROEN		LUCHTDROOG	
	Grenzen	Gemiddeld.	Grenzen.	Gemiddeld.
Acaciahout	—	—	0,58—0.85	0,765
Ahornhout	0,84—0,99	0,915	0,61—0,74	0,675
Appelboomhout	0,96—1,14	1,05	0,66—0,84	0,750
Berken	0,85—0,99	0,92	0,51—0,77	0,640
Beuken	0,85—1,11	0,98	0,60—0,89	0,745
Bukshout	—	—	0,99—1,02	1.005
Cederhout	—	—	0,38—0,60	0,490
Dennenhout	0,84—1,00	0,92	0,37—0,69	0,530
Djatihout (teakhout)	—	—	0,56—0,84	0,700
,, (Java)	—	—	0,627-0,692	0,659
Ebbenhout	—	—	1,187-1,246	1,216
Eikenhout (zomereik)	0,88—1,12	—	0,69—1,03	0,860
,, (wintereik)			0,53—0,96	0,745
,, (Amerik.)	—	—	± 0,80	0,800
Elzenhout	0,81—1,01	0,91	0,42—0,64	0.530
Esschenhout	0,78—0,93	0,855	0,57—0.94	0,755

NAAM der SOORTEN.	VERSCH GROEN		LUCHTDROOG.	
	Grenzen.	Gemiddeld	Grenzen.	Gemiddeld.
Eschdoornhout	—	—	0,53—0,97	0,750
Grenenhout (gewoon)	0,79—0,99	0,89	0,31—0,82	0,565
,, (Amerikaansch) pitch-pine	—	—	0,80—0,83	0,815
,, ,, yellowpine	—	—	0,50—0,63	0,565
Groenhart	—	1,245	1,13-1,190	1,120
Hazelaarhout	—	—	0,56—0,71	0,635
Hickoryhout	—	—	0,77—1,00	0,885
Hulst	—	—	0,78	0,780
Iepen	—	—	0,56—0,82	0,700
Jeneverboomenhout	—	—	0,53—0,70	0,615
Kastanje (tamme)	—	—	0,56—0,72	0,640
,, (paardenkastanje)	—	0,91	0,52—0,63	0,575
Kerseboomenhout	0,83—0,92	0,875	0,57—0,78	0,675
Lindenhout	0,68—0.87	0,775	0,32—0,60	0,460
Lorkenhout	—	—	0,44—0,85	0,645
Mahonie	—	—	0,56—0,88	0,720
Idem wit mahonie (okoumé)	—	—	0,60-0,625	—
Meidoorn	—	—	0,81—0,88	0,845
Noteboomhout	—	—	0,65—0,71	0,680
Olmenhout — als iepen				
Palissanderhout	—	—	0,908	0,908
Palmhout — als bukshout				
Pereboomhout	—	—	0,71—0,73	0,720
Plataan	—	—	0,61—0,68	0,645
Pokhout	—	—	1,26—1,39	1,325
Populieren (witte)	0,75—0,95	0,80	0,40—0,57	0,485
,, (Canada)	—	—	0,38—0,52	0,450
Pruimeboomhout	—	—	0,69—0,90	0,795
Taxishout	—	—	0,74—0,94	0,840
Vlierhout	—	—	0,53—0,76	0,645
Vurenhout	0,81—1,08	0,945	0,30—0,60	0,450
Wilgenhout	0,72—0.91	0,815	0,43—0,63	0,530
IJzerhout	—	—	1,185-1,239	1,212
Satijnhout	—	—	—	0,832
Waliekoekoen	—	—	—	0,943
Sono keling	—	—	—	0,776
Sono kembang	—	—	—	0,548
Tenggoelon	—	—	—	1,000
Soeren	—	—	—	0,366
Djabon	—	—	—	0,420
Waroe gombong	—	—	—	0,453
,, lengis	—	—	—	0,556
Wanietan	—	—	—	0,844
Nangka	—	—	—	0,469
Sawo	—	—	—	0,952
Pantjal kidang	—	—	—	0,933
Segawe	—	—	—	0,945

(Satijnhout t/m Segawe:) Ontleend aan tafel A van de circulaire Directeur B. O. W. d.d. 30 November 1868 nr. 6768.

Diversen.

Ruimtegewicht in KG per M³.

Aardappelen (op een hoop)	700—800
Beetwortelen ,, ,, ,,	570—650

Boekweit (op een hoop)	710—810
Gerst ,, ,, ,,	690
Haver ,, ,, ,,	430—500
Maïs	750
Mest	650—850
Rogge (op een hoop)	680—780
Tabak	200—250
Tarwe (op een hoop)	700—800

Soortelijk gewicht:

Bier	1,020—1,040
Boomwol (luchtdroog) of Katoen	1,470—1,500
Caoutchouc (ruw)	0,920—0,990
,, fabrikaten, gemidd.	1,450
Hennepvezels (luchtdroog)	1,500
Katoen	1,470—1,500
Kurk	0,240
Lijm	1,270
Lijnolie	0,916
Meel (los)	0,400—0,500
,, (samengeperst)	0,700—0,800
Olijfolie	0,916
Plantenvezels	1,480—1,530
Suiker (witte)	1,606
Terpentijnolie	0,870
Vlas	1,500
Wijn	0,910—1,081

Dierlijke stoffen, enz.

Beenderen van ossen	1,650—1,990
Boter	0,942
Elpenbeen (ivoor)	0,917
Guano (op een hoop, KG per M³)	750—950
Koe (gemiddeld)	600 KG, max. 900 KG
Leder (gevet)	1,020
,, (droog)	0,860
Melk	1,032
Mensch (volwassen) gemiddeld	70 KG, max. 120 KG
Paard (gemiddeld)	450—550 KG, max. 800 KG
Talk	0,942
Vee (klein)	40—200 KG
Vet	0,920—0,940
Was	0,965
Wol	1,260—1,320
Zijde	1,300

Brandstoffen.

Anthraciet	1,340—1,460
Bruinkolen (luchtdroog op een hoop, KG per M³)	650—780
Cokes (idem)	360—500
Houtskool	0,110—0,194
Steenkolen, (luchtdroog op een hoop, KG per M³)	760—860
,, magere soort	1,186—1,512
,, vette soort	1,165—1,465
Turf (luchtdroog op een hoop, KG per M³)	320—410
,, (vochtig ,, ,, ,, ,, ,, ,,)	550—650
Turfstrooisel (geperst) ,, ,, ,,	210—230

Ruimte door verschillende stoffen ingenomen.

1 ton hooi of stroo	10	M³.	1 pikol gezakte koffie	0,139	M³.
1 ,, lijn- of raapzaad	1,3	,,	1 ,, gepelde rijst	0,089	,,
1 ,, steenkolen	1,5	,,	1 ,, ,, djagoeng	0,085	,,
1 ,, houtskolen	5,4	,,	1 kojang zout	2,011	,,
1 pikol gestorte koffie	0,093	,,	in Indramajoe (2-jarig zout)	1,510	,,

Metalen.

Aluminium	2,560—2,670
Antimonium	6,7
Bismuth	9,822
Brons (7,9 tot 14% tingehalte)	7,400—8,900
Goud, zuiver gesmeed	19,362
„ gegoten	19,258
Koper, gegoten	7,720—8,921
„ gesmeed	8,935—8,944
„ in gesmolten toestand	8,22
„ draad	8,933—8,949
„ galvanoplastisch neergeslagen	8,900—8,914
„ in bladen	8,794—8,952
„ (geel), messing in bladen	8,520—8,620
„ „ „ draad	8,490—8,730
„ „ gegoten (25% zink)	8,397
„ „ „ (38% zink)	8,440
„ tombak „ (10% zink)	8,606
„ „ „ 17% zink)	8,515
„ (geel), draad	9,000
„ „ brons (1 dl tin, 1 dl koper)	8,790
klokspijs (25 dl. tin, 75 dl koper)	8,810
Lood in den handel	11,300—11,370
„ zuiver	11,445
Nikkel, gegoten	8,280
„ gesmeed	8,670—9,200
Platina, geplet	22,069
„ gesmolten	20,857
„ draad	19,267

Staal- en vloeiijzer.

Zacht staal heeft hooger s. g. dan hard staal; beide blijven beneden het gewicht van zuiver ijzer. Het gewicht neemt af met het koolstofgehalte als volgt:

constructiestaal met 1% C	7,86
„ „ 2 „ „	7,858
„ „ 3 „ „	7,856
cementstaal (uitgesmeed)	7,580—7,798
ruw, gefrischt staal	7,500—7,782
geraffineerd staal	7,763—7,825
gegoten staal (gesmeed)	7,826—8,092
Tin, zuiver	7,290
„ geplet	7,300—7,470
„ in gesmolten toestand	7,03
Wit metaal (kussenblokken)	7,100
IJzer, ruw giet-, donker grauw	6,635—7,275
„ „ „ licht grauw	6,916—7,572
„ „ „ gehalveerd	6,831—7,430
„ „ „ wit	7,056—7,889
„ gesmeed	7,352—7,912
„ vloeibaar (in gesmolten toestand) ongeveer	6,88
Zilver, gegoten	10,474
„ gesmeed	10,510
„ gemunt	10,408
Zink, onzuiver, gegoten	6,850—7,100
„ in bladen of draad	7,200—7,300

Profiel- en Staafijzer.

Duitsche normaalprofielen van L en T-ijzer.

De gewichten zijn berekend voor vloeiijzer met een soortelijk gew. van 7,85.
De buigingsassen X en Y zijn hoofdassen der doorsneden.

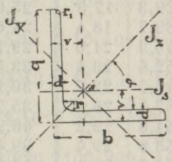


Fig. 1.

1. *Gelijkzijdig hoekijzer.*

Normale lengte 4—12 M, grootste lengte 16 M,

$$d_{min.} = 0,1 \text{ b voor b} \leqq 100 \text{ mM.}$$

$$d_{min.} = \frac{1}{11} \text{ b voor b} \geqq 100 \text{ mM.}$$

$$r = \frac{d_{min.} + d_{max.}}{2}\;;\; r_1 = \frac{r}{2}$$

v = afstand zwaartepunt tot achterkant been in mM. Ws = weerstandsmoment bij horizontale oplegging en loodrechte belasting van het hoekijzer, waarbij voorkomen wordt, dat het zijdelings kan uitbuigen.

Nr.	b	d	F	G	v	Jx	Jy	Js	Wx	Wy	Ws
	mM		cM²	Kg per M	mM		cM⁴			cM³	
		3	0,82	0,65	4,8	0,24	0,06	0,15	0,23	0,08	0,14
1½	15	4	1,05	0,83	5,1	0,29	0,08	0,18	0,28	0,10	0,18
		3	1,12	0,88	6,0	0,62	0,15	0,38	0,44	0,17	0,27
2	20	4	1,45	1,14	6,4	0,77	0,19	0,48	0,55	0,21	0,35
		3	1,42	1,12	7.3	1,27	0,31	0,79	0,72	0,30	0,44
2½	25	4	1,85	1,45	7,6	1,61	0,40	1,0	0,91	0,37	0,57
		4	2,27	1,78	8,9	2,85	0,76	1,80	1,35	0,61	0,85
3	30	6	3,27	2,57	9,6	3,91	1,06	2,48	1,84	0,78	1,20
		4	2,67	2,09	10,0	4,86	1,24	2,96	1,90	0,88	1,18
3½	35	6	3,87	3,04	10,8	6,50	1,77	4,13	2,63	1,15	1,70
		4	3,08	2,42	11,2	7,09	1,86	4,47	2,50	1,17	1,55
4	40	6	4,48	3,51	12,0	9,98	2,67	6,35	3,52	1,57	2,26
		8	5,80	4,55	12,8	12,4	3,38	7,90	4,38	1,81	2,90
		5	4,30	3,38	12,8	12,4	3,25	7,85	3,91	1,80	2,43
4½	45	7	5,86	4,60	13,6	16,4	4,39	10,4	5,16	2,28	3,31
		9	7,43	5,76	14,4	19,8	5,40	12,6	6,24	2,65	4,12
		5	4,80	3,77	14,0	17,4	4,59	11,0	4,91	2,32	3,05
5	50	7	6,56	5,15	14,9	23,1	6,02	14,5	6,53	2,85	4,15
		9	8,24	6,47	15,6	28,1	7,67	17,9	7,94	3,47	5,19
		6	6,31	4,95	15,6	27,4	7,24	17,3	7,04	3,27	4,39
5½	55	8	8,23	6,46	16,4	34,8	9,35	22,1	8,96	4,03	5,7
		10	10,07	7,90	17,2	41,4	11,27	26,3	10,64	4,64	6,9
		6	6,91	5,42	16,9	36,1	9,43	22,7	8,51	3,95	5,3
6	60	8	9,03	7,09	17,7	46,1	12,1	29,1	10,9	4,85	6,9
		10	11,07	8,69	18,5	55,1	14,6	34,8	13,0	5,58	8.4
		7	8,7	6,83	18,5	53,0	13,8	33,4	11,5	5,25	7,2
6½	65	9	10,98	8,61	19,3	65,4	17,2	41,3	14,2	6,31	9,0
		11	13,17	10,34	20,0	76,8	20,7	48,7	16,7	7,30	10,8
		7	9,4	7,38	19,7	67,1	17,6	42,3	13,6	6,29	8,4
7	70	9	11,9	9,34	20,5	83,1	22,0	52,5	16,8	7,57	10,6
		11	14,3	11,23	21,3	97,6	26,0	62,0	19,7	8,65	12,7
		8	11,5	9,03	21,3	93,3	24,4	59,0	17,6	8,11	10,9
7½	75	10	14,1	11,07	22,1	113	29,8	71,0	21,3	9,54	13,4
		12	16,7	13,11	22,9	130	34,7	82,5	24,6	10,71	15,8

Nr.	b	d	F	G	v	Jx	Jy	Js	Wx	Wy	Ws
	mM		cM²	KG per M	mM	cM⁴			cM³		
		8	12,3	9,66	22,6	115	29,6	72,0	20,3	9,25	12,5
8	80	10	15,1	11,86	23,4	139	35,9	87,5	24,5	10,8	15,4
		12	17,9	14,05	24,1	161	43,0	102	28,4	12,6	18,2
		9	15,5	12,17	25,4	184	47,8	116	28,9	13,3	17,9
9	90	11	18,7	14,68	26,1	218	57,1	138	34,3	15,4	21,5
		13	21,8	17,11	27,0	250	65,9	158	29,3	17,3	25,0
		10	19,2	15,07	28,2	280	73,3	177	39,7	18,4	24,6
10	100	12	22,7	17,82	29,0	328	86,2	207	46,3	21,0	29,1
		14	26,2	20,57	29,8	372	98,3	235	52,6	23,4	33,5
		10	21,2	16,64	30,7	379	98,6	239	48,7	22,7	30,1
11	110	12	25,1	19,70	31,5	444	116	280	57,1	26,1	35,7
		14	29,0	22,75	32,1	505	133	319	64,8	29,2	40,9
		11	25,4	19,93	33,6	541	140	340	63,8	29,4	39,4
12	120	13	29,7	23,32	34,4	625	162	393	73,7	33,4	46,0
		15	33,9	26,61	35,1	705	186	445	83,2	37,5	52,5
		12	30,0	23,55	36,4	750	194	472	81,6	37,8	50,5
13	130	14	34,7	27,24	37,2	857	223	540	93,3	42,4	58
		16	39,3	30,85	38,0	959	251	604	104	46,7	65,5
		13	35,0	27,48	39,2	1014	262	638	102	47,3	63,5
14	140	15	40,0	31,40	40,0	1148	298	723	116	52,6	72,5
		17	45,0	35,33	40,8	1276	334	805	129	58,0	81,0
		14	40,3	31,64	42	1343	347	845	127	58,3	78,5
15	150	16	45,7	35,87	43	1507	391	949	142	64,4	88,5
		18	51,0	40,04	44	1665	438	1052	157	71,1	99,0
		15	46,1	36,19	45	1745	453	1099	154	71,3	95,5
16	160	17	51,8	40,66	46	1955	506	1225	172	78,4	107
		19	57,5	45,14	47	2137	558	1348	189	84,8	118,5

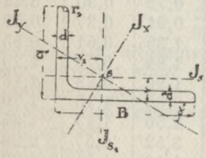


Fig. 2.

2. *Normaal ongelijkzijdig hoekijzer.*

Normale lengte 4—12 M, grootste lengte 14 M.

a) B = 1½ b. b) B = 2 b.

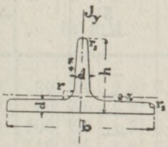
$d_{min} = \frac{1}{20} (B + b)$; $r = \frac{1}{2} (d_{min} + d_{max.})$

$r_1 = \frac{1}{2} r$.

Nr.	b	B	d	F	G	v	v₁	tg α	Wx	Wy	Js₁	Js
	in mM			cM²	Kg per M	in mM			cM³		cM⁴	
a) 2/3	20	30	3	1,42	1,12	4,9	9,9	0,421 6	0,70	0,26	1,25	0,45
			4	1,85	1,45	5,4	10,3	0,421 4	0,90	0,32	1,60	0,55
3/4½	30	45	4	2,87	2,25	7,4	14,8	0,433 4	2,17	0,75	5,77	2,05
			5	3,53	2,77	7,8	15,2	0,422 8	2,63	0,91	6,99	2,46
4/6	40	60	5	4,79	3,76	9,7	19,5	0,431 9	4,82	1,73	17,3	6,20
			7	6,55	5,14	10,5	20,4	0,427 5	6,47	2,20	22,8	8,10
5/7½	50	75	7	8,33	6,54	12,4	24,7	0,430 4	10,4	3,66	46,3	16,4
			9	10,5	8,24	13,2	25,6	0,427 2	12,9	4,56	57,2	20,1
6½/10	65	100	9	14,2	11,15	15,9	33,1	0,410 1	23,6	7,73	140	46,6
			11	17,1	13,42	16,7	34,0	0,407 4	28,1	9,54	167	55,3
8/12	80	120	10	19,1	14,99	19,5	39,2	0,434 8	38,7	13,4	276	97,9
			12	22,7	17,82	20,2	40,0	0,430 4	45,4	16,0	323	115
10/15	100	150	12	28,7	22,53	24,2	48,9	0,436 1	73,0	25,4	649	232
			14	33,2	26,06	25,0	49,7	0,433 9	83,8	29,0	744	263

Nr.	b	B	d	F	G	v	v_1	tg α	Wx	Wy	Js_1	Js
	in mM			cM²	Kgp.M	in mM			cM³		cM⁴	
			3	1,72	1,35	4,4	14,3	0,257 5	1,14	0,26	2,81	0,46
b) 2/4	20	40	4	2,25	1,77	4,8	14,7	0,252 8	1,47	0,34	3,58	0,60
			5	4,29	3 37	6 8	21,5	0,254 4	4,22	0,96	15,6	2,61
3/6	30	60	7	5,85	4,59	7,6	22,4	0,247 9	5,69	1,31	20,6	3,42
			6	6,89	5,40	8,8	28,5	0,256 8	9,14	2,10	44,9	7,66
4/8	40	80	8	9,01	7,08	9,6	29,4	0,251 8	11,8	2,73	57,5	9,70
			8	11,5	9,03	11,2	35,9	0,256 5	18,9	4,31	116	19,6
5/10	50	100	10	14,1	11,07	12,0	36,7	0,255 8	23,3	4,93	141	23,5
			10	18,6	14,60	14,5	46,5	0,256 9	40,2	9,16	320	54,5
6½/13	65	130	12	22,1	17,35	15,3	47,5	0,254 9	47,2	10,8	374	62,8
			12	27,5	21,59	17,7	57,2	0,258 6	73,4	16,7	719	122
8/16	80	160	14	31,8.	24,96	18,5	58.1	0,257 9	84,8	18,5	822	139
			14	40,3	31,64	21,8	71,2	0,260 8	135	30,6	1654	282
10/20	100	200	16	45,7	35,87	22,6	72,0	0,258 6	152	34,5	1863	315

3. ⊥-*ijzer*. Normale lengte 4—12 M, grootste lengte 12 M.



$h = \frac{b}{2}$

$d = 0{,}15\,h + 1$

$r = d$

$r_1 = \frac{r}{2}$

$r_2 = \frac{r}{4}$

a) Fig. 3.

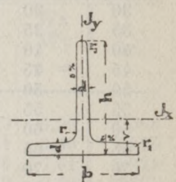
$h = b$

$d = 0{,}1\,h + 1$

$r = d$

$r_1 = \frac{r}{2}$

$r_2 = \frac{r}{4}$



b) Fig. 4.

v = afstand zwaartepunt tot basis in mM.

Nr.	b	h	d	F	G	v	Jx	Jy	Wx	Wy
	in mM			cM²	Kg per M	mM	cM⁴		cM³	
a) 6/3	60	30	5,5	4,64	3,64	6,7	2,58	8,62	1,11	2,87
7/3½	70	35	6	5,94	4,66	7,7	4,49	15,1	1,64	4,32
8/4	80	40	7	7,91	6,21	8,8	7,81	28,5	2,50	7,13
9/4½	90	45	8	10,2	8,01	10,0	12,7	46,1	3,63	10,2
10/5	100	50	8,5	12,0	9,42	10,9	18,7	67,7	4,78	13,5
12/6	120	60	10	17,0	13,35	13,0	38,0	137	8,09	22,8
14/7	140	70	11,5	22,8	17,90	15,1	68,9	258	12,6	36,9
16/8	160	80	13	29,5	23,16	17,2	117	422	18,6	52,8
18/9	180	90	14,5	37,0	29,05	19,3	185	670	26,2	74,4
20/10	200	100	16	45,4	35,64	21,4	277	1000	35,2	100
b) 2/2	20	20	3,	1,12	0,88	5,8	0,38	0,20	0,27	0,20
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,29	7,3	0,87	0,43	0,49	0,34
3/3	30	30	4	2,26	1,77	8,5	1,72	0,87	0,80	0,58
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,33	9,9	3,10	1,57	1,23	0,90
4/4	40	40	5,	3,77	2,96	11,2	5,28	2,58	1,84	1,29
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,67	12,6	8,13	4,01	2,51	1,78
5/5	50	50	6	5,66	4,44	13,9	12,1	6,06	3,35	2,42
6/6	60	60	7	7,94	6,23	16,6	23,8	12,2	5,48	4,05
7/7	70	70	8	10,6	8,32	19,4	44,5	22,1	8,79	6,32
8/8	80	80	9	13,6	10,68	22,2	73,7	37,0	12,8	9,25
9/9	90	90	10	17,1	13,42	24,8	119	58,5	18,2	13,0
10/10	100	100	11	20,9	16,41	27,4	179	88,3	24,6	17,7
12/12	120	120	13	29,6	23,24	32,8	366	178	42,0	29,7
14/14	140	140	15	39,9	31,23	38,0	660	330	64,7	47,2

Prijzen van L en T-ijzer:

Duitsch ijzer: Volgens de prijscourant (1908) van de „Gutehoffnungshütte", te Oberhausen worden de prijzen berekend naar den grondprijs per 1000 KG franco werk op den spoorwagen te Oberhausen.

Deze grondprijs varieerde op de Duitsche ijzerwerken van *f* 62,— tot *f* 64,— per ton. Voor vloeiijzer en staal, waarvoor bepaalde vastheidscijfers worden verlangd, gelden andere prijzen. Bij hoeveelheden minder dan 500 KG werden de prijzen verhoogd met 5 Mk per 100 KG; evenzoo vermeerdert de prijs, wanneer de staven op zuivere bepaalde lengte moeten worden gesneden, tenzij een speelruimte van 250 mM in de lengte wordt toegestaan.

Het ijzer wordt vervaardigd van vloeiijzer volgens het Thomas- en basisch Martinproces in elke gewenschte hoedanigheid.

Verhoogingsprijzen voor gelijkbeenig hoekijzer;

Afmetingen in mM					Verhoogingsprijs Mark per 1000 KG naar volgorde der dikte		
breedte		dikte					
15	15	3	4		50	50	
20	20	3	4		35	35	
25	25	3	4		35	25	
30	30	4	6		20	10	
35	35	4	6		20	10	
40	40	4	6	8	15	5	5
45	45	5	7	9	5	—	—
50	50	5	7	9	5	—	—
55	55	6	8	10	—	—	—
60	60	6	8	10	—	—	—
65	65	7	9	11	—	—	—
70	70	7	9	11	—	—	—
75	75	8	10	12	—	—	—
80	80	8	10	12	—	—	—
90	90	9	11	13	—	—	—
100	100	10	12	14	—	—	—
110	110	10	12	14	—	—	—
120	120	11	13	15	10	10	10
130	130	12	14	16	10	10	10
140	140	13	15	17	15	15	15
150	150	14	16	18	15	15	15
160	160	15	17	19	15	15	15

Verhoogingsprijzen voor T *ijzer:*

Profiel-nummer	Normale lengte in M	Verhoogingsprijs in Mk per 100 KG	Profiel-nummer	Normale lengte in M	Verhoogingsprijs in Mk per 1000 KG
6/3	8	20	3/3	6	25
7/3,5	8	15	3,5/3,5	8	25
8/4	8	15	4/4	8	20
9/4,5	8	15	4,5/4,5	8	20
10/5	8	15	5/5	8	15
12/6	8	15	6/6	8	15
14/7	8	20	7/7	8	15
16/8	8	20	8/8	8	15
2/2	6	40	9/9	8	20
2,5/2,5	6	40	10/10	8	20
			12/12	8	20

Franco boord of spoorwagen te Amsterdam kostte vóór den oorlog het hoek en tee-ijzer *f* 7,50 à *f* 8,— per 100 KG.

Duitsche normaalprofielen van balk-, beleg- en kwadrantijzer.

4. I-*ijzer (balkijzer)*.

Normale lengte 4—12 M, grootste lengte 14 M.

Tot h = 250 mM, b = 0,4 h + 10; d = 0,03 h + 1,5.

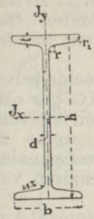


Fig. 5.

Voor h > 250 mM, b = 0,3 h + 35; d = 0,036 h; t op ¼ b van den buitenkant gemeten = 1,5 d; r = d; r_1 = 0,6 d. Formules gelden niet voor het profiel nr. 55.

Is h de profielhoogte in cM dan is bijna nauwkeurig het weerstandsmoment:

$$W_x = \frac{(h + 2)^3}{51}$$

Voor een willekeurige, niet met de X- of Y-as samenvallende buigingsas is het benoodigde weerstandsmoment:

$$W_0 = \frac{M_x + u\,My}{s_b}, \text{ waarin } u = \frac{W_x}{W_y} \text{ en}$$

s_b de toe te laten buigspanning.

Dr. = draagvermogen bij gelijkmatig verdeelde belasting in KG voor één Meter spanning en een vastheidscoëfficiënt van 1000 KG per cM² (4-voudige zekerheid).

Nr.	h (in mM.)	b	d	t	F cM²	G KG per M	Jx (cM⁴)	Jy	Wx (cM³)	Wy	u = Wx/Wy	Dr.
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	77,7	6,28	19,4	2,99	6,50	1 568
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,06	117	8,76	25,9	3,81	6,80	2 096
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	170	12,2	34,1	4,86	7,01	2 752
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,65	238	16,2	43,3	5,99	7,23	3504
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,15	327	21,4	54,5	7,38	7,38	4 408
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,64	435	27,4	67,0	8,85	7,57	5 424
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,29	572	35,2	81,7	10,7	7,65	6 616
15	150	70	6,0	9,0	20,4	16,01	734	43,7	97,9	12,5	7,83	7 920
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,90	933	54,5	117	14,7	7,92	9 440
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,78	1 165	66,5	137	17,1	8,02	11 120
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,90	1 444	81,3	161	19,8	8,10	12 960
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,94	1 759	97,2	185	22,6	8,20	14 960
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,22	2 139	117	214	25,9	8,26	17 280
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,50	2 558	137	244	29,3	8,31	19 680
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,01	3 055	163	278	33,3	8,34	22 480
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,44	3 605	188	314	36,9	8,50	25 360
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,19	4 239	220	353	41,6	8,50	28 560
25	250	110	9,0	13,6	49,7	39,01	4 954	255	396	46,4	8,54	32 040
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,84	5 735	287	441	50,6	8,72	35 680
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,82	6 623	325	491	56,0	8,76	39 720
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,89	7 575	363	541	60,8	8,91	43 760
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,87	8 619	403	594	66,1	8,99	48 050
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,17	9 785	449	652	71,9	9,07	52 720
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,99	12 493	554	781	84,6	9,23	63 120
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,06	15 670	672	922	98,1	9,40	74 480
36	360	143	13,0	19,5	97,0	76,15	19 576	817	1 088	114	9,53	87 840
38	380	149	13,7	20,5	107	84,00	23 978	972	1 262	131	9,67	101 920
40	400	155	14,4	21,6	118	92,63	29 173	1 160	1 459	150	9,76	117 760
42½	425	163	15,3	23,0	132	103,62	36 956	1 433	1 739	176	9,89	140 320
45	450	170	16,2	24,3	147	115.40	45 888	1 722	2 040	203	10,1	164 320
47½	475	178	17,1	25,6	163	127,96	56 410	2 084	2 375	234	10,1	191 680
50	500	185	18,0	27,0	179	140,52	68 736	2 470	2 750	267	10,3	221 600
55	550	200	19,0	30,0	212	166,42	99 054	3 486	3 602	349	10,3	290 320
60	600	215	21,6	32,4	254	199,4	138 967					

Om het profielnummer van den ligger te bepalen, welke een zekere gelijkmatig verdeelde belasting moet kunnen dragen, vermenigvuldigt men de belasting, die op den ligger komt, met de spanwijdte en zoekt de uitkomst in de laatste kolom Dr. op. Op denzelfden regel staat in de 1e kolom het nummer van het gevraagde profiel.

5. *Breedflenzige Differdinger speciaal profielen voor* I *liggers.* (Systeem Grey).

Normale lengte 4—12 Meter. Maximale lengte 20 M. De profielen 18*b* tot en met 55*b* kunnen geleverd worden in lengten tot 24 Meter; de profielen 60*b*, 65*b*, 70*b* en 75*b* tot 18 Meter. Het materiaal is op zichzelf goed, maar de kwaliteit minder bij aansluiting van rib en flens.

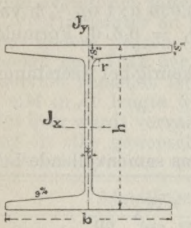


Fig. 6.

Dr = draagvermogen bij gelijkmatig verdeelde belasting bij een toe te laten spanning van 1000 KG per cM^2 bij de vermelde steunwijdte. Dit draagvermogen is tevens de grootste gelijkmatig verdeelde belasting, welke de liggers kunnen dragen, waarbij de grootste schuifspanning (= 0,8 maal de grootste toe te laten buigspanning) van 800 KG/cM^2 niet wordt onderschreden.

Voor een benadering van het weerstandsmoment kan gelden de formule

$$W_x = \frac{(h + 1)^3}{18}$$

waarin h de profielhoogte in cM.

Boven de h = 30 cM is benaderd

$$W_x = (h + 10)^2 \times 1{,}1.$$

Nr.	h	b	t-	flensdikte s_1	flensdikte s_2	F	G	Jx	Jy	Wx	Wy	Dr	Voor een steunwijdte in M van
	in mM					cM^2	KG per M	cM^4		cM^3			
18*b*	180	180	8,5	9,0	16,72	59,9	47,0	3 512	1 073	390	119	21 700	1,44
20*b*	200	200	8,5	9,5	18,12	70,4	55,4	5 171	1 568	517	157	24 250	1,71
22*b*	220	220	9	10	19,5	82,6	64,8	7 379	2 216	671	201	28 300	1,90
24*b*	240	240	10	10,5	20,85	96,8	76,0	10 260	3 043	855	254	34 920	1,99
25*b*	250	250	10,5	10,9	21,7	105,1	82,5	12 066	3 575	965	286	37 510	2,06
26*b*	260	260	11,0	11,7	22,9	115,6	90,7	14 352	4 261	1 104	328	40 830	2,16
27*b*	270	270	11,25	11,95	23,6	123,2	96,7	16 529	4 920	1 224	365	43 370	2,24
28*b*	280	280	11,5	12,35	24,4	131,8	103,4	19 052	5 671	1 361	405	46 020	2,37
29*b*	290	290	12,0	12,7	25,2	141,1	110,8	21 866	6 417	1 508	443	49 730	2,43
30*b*	300	300	12,5	13,25	26,25	152,1	119,4	25 201	7 494	1 680	500	53 570	2,51
32*b*	320	300	13,0	14,1	27,0	160,7	126,2	30 119	7 867	1 882	524	59 370	2,54
34*b*	340	300	13,4	14,6	27,5	167,4	131,4	35 241	8 097	2 073	540	64 990	2,55
36*b*	360	300	14,2	16,15	29,0	181,5	142,5	42 479	8 793	2 360	586	72 750	2,60
38*b*	380	300	14,8	17,0	29,8	191,2	150,1	49 496	9 175	2 605	612	79 850	2,62
40*b*	400	300	15,5	18,2	31,0	203,6	159,8	57 834	9 721	2 892	648	87 700	2,64
42½*b*	425	300	16,0	19,0	31,75	213,9	167,9	68 249	10 078	3 212	672	96 260	2,67
45*b*	450	300	17,0	20,3	33,0	229,3	180,0	80 887	10 668	3 595	711	107 610	2,67
47½*b*	475	300	17,6	21,35	34,0	242,0	190,0	94 811	11 142	3 992	743	117 930	2,70
50*b*	500	300	19,4	22,6	35,2	261,8	205,5	111 283	11 718	4 451	781	135 870	2,62
55*b*	550	300	20,6	24,5	37,0	288,0	226,1	145 957	12 582	5 308	839	157 210	2,70
60*b*	600	300	20,8	24,7	37,2	300,6	236,0	179 303	12 672	5 977	845	173 890	2,74
65*b*	650	300	21,1	25,0	37,5	314,5	246,9	217 402	12 814	6 690	854	191 380	2,80
70*b*	700	300	21,1	25,0	37,5	325,3	255,3	258 106	12 818	7 374	854	206 000	
75*b*	750	300	21,1	25,0	37,5	335,7	263,4	302 560	12 823	8 068	855	219 060	2,95

De Rombacher Hüttenwerke heeft in dit profiel een nieuw fabrikaat „Systeem Sack”, waarbij het grootste profiel 60 cM bedraagt. Het Stahlwerk Thyssen te Hagendingen walst alle profielen van breedflenzige balken van 18 tot 75 cM hoogte, ook de zooveel gewicht besparende dunlijvige balken. Verder vervaardigt de Gelsenkirchener Adolf-Emil Hütte te Esch zulke balken.

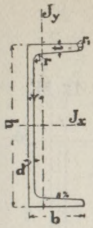


Fig 7.

6. ⊏-*ijzer* (kanaalijzer)

Normale lengte 4—10 M, grootste lengte 12 M.

$$b = 0{,}25\,h + 25; \quad r = t; \quad r_2 = \frac{t}{2}.$$

v = afstand zwaartepunt tot achterkant rib in mM.

Voor benadering van het weerstandsmoment kan dienen de formule:

$$Wx = \frac{(h + 5)^3}{81}$$

waarin h de profielhoogte in cM.

Nr.	h	b	d	t	F	G	v	Jx	Jy	Wx	Wy	$\frac{Wx}{Wy}$ = u
	in mM				cM²	KGpM	mM	cM⁴		cM³		
3	30	33	5	7	5,44	4,27	13,1	6,39	5,33	4,26	2,68	1,59
4	40	35	5	7	6,21	4,88	13,3	14,1	6,68	7,10	3,08	2,31
5	50	38	5	7	7,12	5,59	13,7	26,4	9,12	10,6	3,75	2,82
6½	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	14,2	57,5	14,1	17,7	5,06	3,50
8	80	45	6	8	11,0	8,66	14,5	106	19,4	26,5	6,37	4,16
10	100	50	6	8,5	13,5	10,60	15,5	206	29,3	41,1	8,50	4,84
12	120	55	7	9,	17,0	13,35	16,0	364	43,2	60,7	11,1	5,48
14	140	60	7	10	20,4	16,01	17,5	605	62,7	86,5	14,8	5,85
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,84	18,4	925	85,3	116	18,3	6,32
18	180	70	8	11	28,0	21,98	19,2	1 354	114	150	22,4	6,73
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,28	20,1	1 911	148	191	27,0	7,09
22	220	80	9	12,5	37,4	29,36	21,4	2 690	197	245	33,6	7,28
24	240	85	9,5	13	42,3	33,21	22,3	3,598	248	300	39,6	7,57
26	260	90	10	14	48,3	37,92	23,6	4 823	317	371	47,8	7,76
28	280	95	10	15	53,3	41,84	25,3	6 276	399	450	57,2	7,88
30	300	100	10	16	58,8	46,16	27,0	8 026	495	535	67,8	7,90

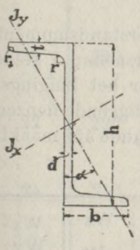


Fig. 8.

7. Z-*ijzer* (binnen- en buitenflenskanten parallel).

Normale lengte 4—8 M, grootste lengte 12 M.

$$b = 0{,}25\,h + 30; \quad d = 0{,}035\,h + 3.$$

$$t = 0{,}05\,h + 3; \quad r = t; \quad r_1 = \frac{t}{2}.$$

Hoek α geeft de ligging der hoofdassen.

W_1 = weerstandsmoment voor loodrechte belasting, waarbij zijdelingsche uitbuiging verhinderd wordt.

W_2 hetzelfde bij vrije zijdelingsche uitbuiging.

Nr.	h	b	d	t	F	G	tgα	Wx	Wy	$\frac{Wx}{Wy}$ = u	W_1	W_2
	in mM				cM²	KGpM		cM³			cM³	
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39	1,655	4,69	1,11	4,22	6,3	1,26
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26	1,181	6,72	1,83	3,67	9,1	2,26
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31	0,939	9,76	2,76	3,54	13,2	3,64
6	60	45	5	6	7,91	6,21	0,779	13,5	3,73	3,62	17,7	5,24
8	80	50	6	7	11,1	8,73	0,588	24,4	6,44	3,79	30,7	10,1
10	100	55	6,5	8	14,5	11,37	0,492	39,8	9,26	4,30	48,5	16,8
12	120	60	7	9	18,2	14,29	0,433	60,6	12,5	4,86	71,9	25,6
14	140	65	8	10	22,9	17,98	0,385	88,0	16,6	5,29	102	38,0
16	160	70	8,5	11	27,5	21,59	0,367	121	21,4	5,69	139	52,9
18	180	75	9,5	12	33,3	26,14	0,329	164	27,0	6,06	186	72,4
0	200	80	10	13	38,7	30,38	0,313	213	33,4	6,34	239	91,1

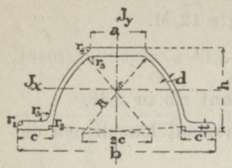


Fig. 9.

8. *Beleg-ijzer.* (Zorès-ijzer).

Normale lengte 4—12 M, grootste lengte 12 M.

$R = h + 10$ mM

$r_1 = d$; $r_2 = d - 0{,}5$

$r_3 = t$; $r_4 = 0{,}6\ d + 1{,}3$.

Nr.	h	b	a	c	d	t	F	G	Jx	Jy	Wx	Wy
	in mM						cM²	KG p M	cM⁴		cM³	
5	50	120	33	21	3	5	6,71	5,29	23,2	86,4	9,27	14,4
6	60	140	38	24	3,5	6	9,34	7,33	47,2	164	15,8	23,4
7½	75	170	45,5	28,5	4	7	13,2	10,36	105	347	27,9	40,8
9	90	200	53	33	4,5	8	17,9	14,05	206	651	45,8	65,1
11	110	240	63	39	5	9	24,1	18,92	421	1272	76,5	106

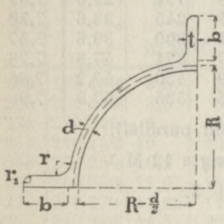


Fig. 10.

9. *Kwadrant-ijzer.*

Normale lengte 4—10 M, grootste lengte 14 M.

$b = 0{,}2\ R + 25$ mM.

$r = 0{,}12\ R$, $r_1 = 0{,}06\ R$.

Doorsnede, gewicht, traagheids- en weerstandsmoment zijn aangegeven voor de volle buisdoorsnede; J geldt voor ieder buigingsvlak, Wx = Wy voor het buigingsvlak, gaande door beide tegenover elkaar liggende flenzen en Wz voor het vlak, dat met het voorgaande 45° maakt.

Nr.	R	b	d	t	F	G	J	Wx =	Wz	Wz
	in mM				cM²	KGpM	cM⁴	Wy	cM³	Wy
5	50	35	4	6	29,8	23,39	576	66,2	89,3	1,35
5	50	35	8	8	48,0	37,68	906	102	135	1,32
7½	75	40	6	8	54,9	43,10	2 068	175	237	1,35
7½	75	40	10	10	80,2	62,96	2 982	248	331	1,34
10	100	45	8	10	88,1	69,16	5 511	370	501	1,33
10	100	45	12	12	120	94,20	7 478	495	663	1,34
12½	125	50	10	12	129	101,27	12 161	676	917	1,36
12½	125	50	14	14	169	132,67	15 788	867	1 165	1,34
15	150	55	12	14	179	140,52	23 637	1 120	1 515	1,35
15	150	55	18	17	249	195,47	32 738	2 530	2 051	1,34

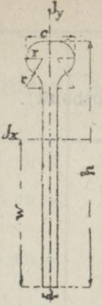


Fig. 11.

10. *Bulbijzer* (voor den scheepsbouw).

Met enkele uitzonderingen is:

$c = 0{,}2\ h - 1\ mM$

$r = 0{,}07\ h.$

Nr.	h	c	d	F	G	w	Jx	Jy	Wx	Wy
	in mM			cM²	KG per M	cM	cM⁴		cM³	
		25	7	11,8	9,26	7,77	193	1,92	24,8	1,53
13	130	26	8	22,9	10,16	7,75	213	2,30	27,9	1,77
		27	9	14,0	10,96	7,41	233	2,75	30,9	2,04
		26,5	7	13,1	10,26	8,49	246	2,38	29,1	1,80
14	140	27,5	8	14,3	11,17	8,28	271	2,82	32,7	2,05
		28,5	9	15,9	12,07	8,10	296	3,34	36,2	2,34
15	150	30	9	17,2	13,48	8,86	372	4,02	41,9	2,68
16½	165	33	10	20,9	16,40	9,72	547	5,90	56,3	3,58
		35	10	23,2	18,21	10,7	726	7,39	67,7	4,22
18	180	36	11	24,7	19,42	10,5	779	8,43	73,5	4,68
		37	12	26,2	21,12	10,4	814	9,59	79,3	5,18
		39	11	28,5	22,33	11,9	1100	11,3	92,2	5,79
20	200	40	12	30,2	23,64	11,7	1174	12,7	99,4	6,35
		41	13	31,9	30,08	11,6	1247	14,2	107	6,95
		43	12	39,3	27,04	13,2	1604	16,6	122	7,71
22	220	44	13	36,2	28,42	13,0	1703	18,4	131	8,37
		45	14	38,0	29,93	12,8	1800	20,5	139	9,09
		46,5	13	40,7	31,95	14,4	2255	22,8	157	9,81
24	240	47,5	14	42,7	33,55	14,2	2384	25,2	168	10,6
		48,5	15	44,8	35,17	14,0	2509	27,7	177	11,4
		50,5	14	47,6	37,39	15,6	3094	31,5	199	12,5
26	260	51,5	15	49,8	39,10	15,9	3254	34,5	211	13,4
		52,5	16	52,0	40,91	15,2	3415	37,7	223	14,4
		55	16	57,4	45,14	16,6	4341	45,2	261	16,4
28	280	56	17	59,8	47,08	16,9	4543	49,1	275	17,5
		57	18	62,2	49,37	16,3	4742	53,4	289	18,7
		59	17	65,6	51,49	17,8	5695	59,4	319	20,1
30	300	60	18	68,1	53,51	17,7	4943	64,2	336	21,4
		61	19	70,7	55,52	18,0	6190	68,4	352	22,8
32½	325	65,5	20	82,0	64,49	19,1	8336	91,2	436	27,9
35	350	71	22	96,8	76,08	20,6	11 404	126,3	554	35,6
37½	375	75,4	23	109	85,66	22,1	14 740	161,1	668	42,7
40	400	81	25	126	98,98	23,5	19 368	215,2	824	53,1

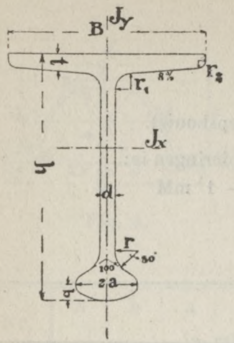


Fig. 12.

11. *Bulbijzer met voet* (voor den scheepsbouw).

t = 1,15 d.
a = 2 d.
b = d.
r = 1,5 d.
r_1 = d.
r_2 = 0,5 d.

Nr.	h	B	d	F	G	w	Jx	Jy	Wx	Wy	$\frac{Wx}{Wy}$
	in mM			cM²	KG per M	cM	cM⁴	cM⁴	cM³	cM³	= u
15	150	120	9,5	30,8	24,0	9,3	940	138,8	101	23,1	4,4
16½	165	120	10	34,1	26,6	10,1	1 264	153,3	125	25,6	4,9
18	180	125	10,5	38,3	29,8	10,9	1 684	182,4	154	29,2	5,3
20	200	130	11	43,1	33,6	12,1	2 340	215,3	194	33,1	5,9
22	220	135	11,5	48,2	37,6	13,2	3 159	252,6	240	37,4	6,4
24	240	140	12	53,7	41,9	14,3	4 175	294,8	292	42,1	6,9
26	260	145	13	62,0	48,4	15,4	5 656	359,1	368	49,5	7,4
28	280	150	14	71,0	55,4	16,4	7 447	433,2	454	57,8	7,9
30	300	160	15	81,3	63,5	17,6	9 856	563,9	562	70,5	8,3
32½	325	165	16	92,3	72,0	18,9	13 099	666,7	695	80,8	8,6
35	350	170	17	104	81,1	20,2	17 066	783,0	847	92,1	9,2
37½	375	175	18	116	90,8	21,4	21 860	913,3	1 020	104,4	9,8
40	400	180	19	129	101	22,5	27 585	1 059,3	1 214	117,7	10,3

Prijzen van balkijzer:

De prijs van het Duitsche balkijzer was vóor den oorlog bij groote partijen franco zeehaven f 63, —tot f 65,— per ton. In het binnenland kwam de prijs bij kleine hoeveelheden ongeveer op f 7,50 à f 8,— per 100 KG. De overprijs bij de Grey-balken was voor de kleinere profielen 15 Mk en voor de grootere 40 Mk per ton extra.

De huidige prijzen zijn nog aan veel verandering onderhevig ; begin 1920 waren de door het Reichswirtschaftamt goedgekeurde prijzen voor balkijzer ongeveer 2470 Mk per ton.

Diverse balkijzerprofielen.

Nieuwe ijzerprofielen voor vakwanden van de firma Mannstaedt & Co. te Kalk bij Keulen:

⊥ ijzer N. Pr. 14 7,95 KG per M′, dikte der rib 4 mM.

[„ „ „ 7,28 „ „ „ „ „ „ 4 „

Het walswerk te Peine brengt een nieuwe reeks (patent Puppe) van balkijzers in den handel; de flenzen zijn over vrij grooten afstand gelijk van dikte (gunstig voor klinkverbindingen) en nabij de aansluiting tegen het lijf is een helling van 10% voor het binnenflensvlak aangebracht.

Deze balken zijn tot zeer groote overspanning bij aanzienlijke belasting nog toe te passen.

Afmetingen Puppe balken.

Reeks	Benaming	Hoogte van cM	Hoogte tot cM	Afdaling van de hoogte in cM	Breedte van cM	Breedte tot cM	Lijf dik mM	Lijf dun mM
1 en 2	P	16	24	2	16	24	d_{16} = 7,5	= 6
	P	24	30	1	24	30	d_{30} = 12	= 8,5
3 en 4	Pa	32	40	2	30	30	d_{32} = 12,5	= 9
	Pa	40	50	2,5	30	30	d_{50} = 18	= 13
	Pa	50	100	5	30	30	d_{100} = 20	= 15
5 en 6	Pb	32	38	2	32	38	d_{32} = 12,5	= 9
	Pb	38	40	2	38	38	d_{40} = 15	= 11
	Pb	40	50	2,5	38	38	d_{50} = 18	= 13
	Pb	50	100	5	38	38	d_{100} = 20	= 15

De door *Joh. Goebel* uitgevonden H-profielen zijn balkijzers met breede flenzen, waarbij de traagheidsmomenten in de beide hoofdassen ongeveer gelijk zijn, terwijl de flenzen even dik zijn.

Vierkant, zeskant en rond staafijzer.

Normale lengte van de gewalste staven 8 Meter, maximum lengte 12 Meter. *Gewichten* volgens het soortelijk gewicht = 7,8.

Dikte d in mM	Gewicht per M lengte in KG vierkant	zeskant	rond	Dikte d in mM	Gewicht per M lengte in KG vierkant	zeskant	rond
5	0,195	0,169	0,153	80	49,920	43,232	39,207
6	0,281	0,243	0,221	85	56,355	48,805	44,261
7	0,382	0,331	0,300	90	63,180	54,716	49,621
8	0,499	0,432	0,392	95	70,395	60,964	55,288
9	0,632	0.547	0,496	100	78,000	67,550	61,261
10	0,780	0,676	0,613	105	85,995	74,474	67,540
11	0,944	0,817	0,741	110	94,380	81,736	74,126
12	1,123	0,973	0,882	115	103,155	89,335	81,018
13	1,318	1,142	1,035	120	112,320	97,272	88.216
14	1,529	1,324	1,201	125	121,875	105.547	95,720
15	1,755	1,520	1,378	130	131,820	114,160	103,531
16	1,997	1,729	1,568	135	142,155	123,110	111,648
17	2,254	1,952	1,770	140	152,880	132,398	120.072
18	2,527	2,189	1,985	145	163,995	142,024	128,801
19	2,816	2,439	2,212	150	175,500	151,988	137,837
20	3,120	2,702	2,450	155	187,395	162,289	147,180
21	3,440	2,979	2,702	160	199,680	172,928	156,828
22	3,775	3.269	2,965	165	212,355	183.905	166,783
23	4,126	3,573	3,241	170	225,420	195,220	177,044
24	4,493	3,891	3,529	175	238,875	206,372	187,612
25	4,875	4,222	3,829	180	252,720	218.862	198,486
26	5,273	4,566	4,141	185	266,955	231,190	209,666
27	5,686	4,924	4,466	190	281,580	243,856	221,152
28	6,115	5,296	4,803	195	296,595	256,859	232,945
29	6,560	5,681	5,152	200	312,000	270,200	245,044
30	7,020	6,080	5,513	205	327,795	283,879	257,450
32	7,987	6,917	6,273	210	343.980	297,896	270,161
34	9,017	7,809	7,082	215	360,555	312,250	283,179
36	10,109	8,754	7,939	220	377,520	326,942	296,504
38	11,263	9,754	8,846	225	394,875	341,972	310.134
40	12,480	10.808	9,802	230	412,620	357.340	324,071
42	13,759	11.916	10,806	235	430.755	373,045	338.314

Dikte d in mM	Gewicht per M lengte in KG			Dikte d in mM	Gewicht per M lengte in KG		
	vierkant	zeskant	rond		vierkant	zeskant	rond
44	15,101	13,078	11,860	240	449,280	389,088	352,864
46	16,505	14,294	12,953	245	468,195	405,469	367,720
48	17,791	15,564	14,115	250	487,500	422,188	382,882
50	19,500	16,888	15,315	255	507,195	439,244	398,350
52	21,091	18,266	16,565	260	527,280	456,638	414,125
54	22,745	19,698	17,864	265	547,755	474,370	430,206
56	24,461	21,184	19,211	270	568,620	492,440	446,593
58	26,239	22,724	20,608	275	589,875	510,847	463,287
60	28,080	24,318	22,054	280	611,520	529,592	480,287
62	29,983	25,966	23,549	285	633,555	548,675	497,593
64	31,949	27,668	25,093	290	655,980	568,096	515,206
66	33,977	29,425	26,685	295	678,795	587,854	533,124
68	36,067	31,335	28,327	300	702,000	607,950	551,350
70	38,220	33,100	30,018	305	725,595	628,384	569,881
72	40,435	35,018	31,758	310	749,580	649,156	588,719
74	42,713	36,990	33,547	315	773,955	670,265	607,863
76	45,053	39,017	35,384	320	798,720	691,712	627,313
78	47,455	41,097	37,271	325	823,875	713,497	647,070

N.B. Het gewicht van achtkant staafijzer = 1,055 × het gewicht van rond staafijzer van dezelfde dikte.

Het gewicht van zeskant ijzer bedraagt ongeveer 5/6 van het gewicht van rondijzer, dat de uitwendige middellijn van het zeskant ijzer heeft.

Prijzen van staafijzer (rond-, vierkant-, en platijzer).

Duitsch ijzer: Volgens de prijscourant van de Gutehoffnungshütte golden vóor den oorlog dezelfde bepalingen als die voor hoek- en tee-ijzer. De grondprijzen aan de Duitsche ijzerwerken bedroegen gemiddeld f 61,— tot f 63,— per ton.

Goed Martinijzer kostte ongeveer zes gulden meer.

In October—November—December 1910 was de marktprijs in Rheinland—Westfalen voor staafvloeiijzer 112—115 Mk en voor welijzer 130—135 Mk per ton.

Verschillen in lengte van 250 mM naar boven en beneden moeten worden toegestaan. Bij juiste lengten mag dit verschil 10 mM bedragen en was de prijs ± f 6.— per ton meer.

Deze meerprijs per ton was volgens de Gutehoffnungshütte:

bij staven van meer dan 1000 mM lengte . . . . . . 5 Mk.
„ „ „ „ „ 300 „ tot 1000 mM lengte 10 „
„ „ „ „ „ 150 „ „ 300 „ „ 15

Verhoogingsprijzen:

RONDIJZER			VIERKANTIJZER		
Dikte mM	Lengte tot mM	Verhoogingsprijs Mk per 1000 KG	Dikte mM	Lengte tot mM	Verhoogingsprijs Mk per 1000 KG
4—5		80	4—5		80
5—6		50	6—6		50
6—8		35	6—8		35
8—10		25	8—10		25
10—12	6000	10	10—12	6000	10
12—14	„	5	12—14	„	5
14—60	„	0	14—60	„	0
60—10	7500	10 } a	60—100	„	10 } a
100—120	„	20 } a	100—120	„	20 } a
120—130	„	20 } a	120—130	„	20 } a
130—140	7500	30 } b	130—140	5500	30 } b
140—150	7000	30 } b	140—150	5000	30 } b

a. Voor elke 1000 mM of breukdeel langer 10 Mk meer.
b. „ „ 750 „ „ „ „ 10 „ „
Prijzen van staven boven de 900 KG gewicht volgens overeenkomst.
Rondijzer tot 14 mM wordt gebonden geleverd.

Platijzer.

Breedte mM	Dikte mM	Verhoogings-prijs Mk per 1000 KG	Breedte mM	Dikte mM	Verhoogings-prijs Mk per 1000 KG
	6 en meer	50		10 en meer	0
8—10	5 tot 6	60	20—26	6,5 tot 10	5
	4 „ 5	70		5 „ 6,5	5
	5 „ 6,5	37,50	26—106	6,5 „ 30	0
10—13	6,5 „ 10	30,—		5 „ 6,5	10
	10 en meer	22,50		10 „ 30	0
	10 „ „	10	106—131	6,5 „ 10	5
13—20	6,5 tot 10	15		5 „ 6,5	15
	5 „ 6,5	25	26—131	30 „50	5
				50 en meer	15

De grondprijs gold voor lengten tot 6 Meter en tot 200 KG het stuk; grootere lengten en gewichten volgens overeenkomst.

Platijzer van 10—20 mM breedte wordt gebonden geleverd.
De breedten nemen toe van 13 tot 60 mM met 2 mM.
60 „ 80 „ „ 3 „
80 „ 130 „ „ 5 „

De huidige prijzen voor Duitsch ijzer zijn zeer wisselvallig; in begin 1920 bedroegen zij voor staafijzer ongeveer 2500 Mk per ton.

Band- en divers ijzer.

Bandijzer. Gewichten in KG per Meter lengte: s. g. = 7,8.
b = breedte in mM, d = dikte in mM.

b =	d=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
25	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56	1,76	1,95	2,15	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90
30	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	2,57	2,81	3,28	3,73	4,21	4,68
35	0,27	0,55	0,82	1,09	1,37	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46
40				1,25	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	3,12	3,43	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24
45				1,40	1,76	2,11	2,46	2,81	3,16	3,51	3,86	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02
50				1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,29	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80
55				1,72	2,15	2,57	3,00	3,43	3,86	4,29	4,72	5,15	6,01	6,86	7,72	8,58
60				1,87	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21	4,68	5,15	5,62	6,55	7,49	8,42	9,36
65				2,03	2,54	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,08	7,10	8,11	9,13	0,14
70				2,18	2,73	2,28	3,82	4,37	4,91	5,46	6,01	6,55	7,64	8,74	9,83	10,92
75				2,34	2,93	3,51	4,10	4,68	5,27	5,85	6,44	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70
80				2,50	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	6,86	7,49	8,74	9,98	11,23	12,48
85				2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,96	9,28	10,61	11,93	13,26
90				2,81	3,51	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	7,72	8,42	9,83	11,23	12,64	14,04
95				2,96	3,71	4,45	5,19	5,93	6,67	7,41	8,15	8,89	10,37	11,86	13,34	14,82
100				3,12	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	10,92	12,42	14,04	15,60

Engelsch bandijzer in bossen van ± 30 KG.

Afmetingen in Eng. duimen	Afmetingen in Millimeters	Gewicht p. Meter	Afmetingen in Eng. duimen	Afmetingen in Millimeters	Gewicht p. Meter
1/2 × No. 8	13 × 4,20	0,44 KG	1 × No. 12	25,5 × 2,76	0,56 KG
½ × „ 10	13 × 3,40	0,35 „	1 × „ 14	25,5 × 2,10	0,43 „
½ × „ 12	13 × 2,76	0,28 „	1 × „ 16	25,5 × 1,65	0,34 „
½ × „ 14	13 × 2,10	0,22 „	1 × „ 18	25,5 × 1,24	0,25 „
½ × „ 16	13 × 1,65	0,17 „	1 × „ 20	25,5 × 1,03	0,21 „
½ × „ 18	13 × 1,24	0,13 „	1 × „ 23	25,5 × 0,70	0,14 „
½ × „ 20	13 × 1,03	0,11 „	1⅛ × „ 18	28 × 1,24	0,28 „
½ × „ 23	13 × 0,70	0,07 „	1⅛ × „ 20	28 × 1,03	0,23 „
½ × „ 28	13 × 0,37	0,038 „	1¼ × „ 8	32 × 4,20	1,08 „
5/8 × „ 8	16 × 4,20	0,54 „	1¼ × „ 10	32 × 3,40	0,87 „
⅝ × „ 10	16 × 3,40	0,43 „	1¼ × „ 12	32 × 2,76	0,71 „
⅝ × „ 12	16 × 2,76	0,35 „	1¼ × „ 14	32 × 2,10	0,54 „
⅝ × „ 14	16 × 2,10	0,27 „	1¼ × „ 16	32 × 1,65	0,42 „
⅝ × „ 16	16 × 1,65	0,21 „	1¼ × „ 18	32 × 1,24	0,32 „
⅝ × „ 18	16 × 1,24	0,16 „	1¼ × „ 20	32 × 1,03	0,26 „
⅝ × „ 20	16 × 1,03	0,13 ,	1½ × „ 8	38 × 4,20	1,28 „
⅝ × „ 23	16 × 0,70	0,09 „	1½ × „ 10	38 × 3,40	1,03 „
⅝ × „ 26	16 × 0,45	0,06 „	1½ × „ 12	38 × 2,76	0,84 „
⅝ × „ 28	16 × 0,37	0 047 „	1½ × „ 14	38 × 2,10	0,64 „
3/4 × „ 8	19 × 4,20	0,46 „	1½ × „ 16	38 × 1,65	0,50 „
¾ × „ 10	19 × 3,40	0,52 „	1½ × „ 18	38 × 1,24	0,38 „
¾ × „ 12	19 × 2,76	0,42 „	1½ × „ 20	38 × 1,03	0,31 „
¾ × „ 14	19 × 2,10	0,32 „	1¾ × „ 10	44,5 × 3,40	1,21 „
¾ × „ 16	19 × 1,65	0,25 „	1¾ × „ 12	44,5 × 2,76	0,98 „
¾ × „ 18	19 × 1,24	0,19 „	1¾ × „ 14	44,5 × 2,10	0,75 „
¾ × „ 20	19 × 1,03	0,16 „	1¾ × „ 16	44,5 × 1,65	0,59 „
¾ × „ 23	19 × 0,70	0,11 „	1¾ × „ 18	44,5 × 1,24	0,44 „
¾ × „ 26	19 × 0,45	0,068 „	2 × „ 7	51 × 4,57	1,86 „
¾ × „ 28	19 × 0,37	0,056 „	2 × „ 8	51 × 4,20	1,71 „
¾ × „ 30	19 × 0,30	0,045 „	2 × „ 10	51 × 3,40	1,39 „
7/8 × „ 10	22 × 3,40	0,60 „	2 × „ 12	51 × 2,76	1,13 „
⅞ × „ 16	22 × 1,65	0,29 „	2 × „ 14	51 × 2,10	0,85 „
1 × „ 8	25,5 × 4,20	0,86 „	2 × „ 16	51 × 1,65	0,67 „
1 × „ 10	25,5 × 3,40	0,69 „			

Halfrond ijzer: A is de breedte van het plat en B de hoogte van het rond.

Afmetingen in Eng. duimen	Gewicht per Meter	Afmetingen in Eng. duimen	Gewicht per Meter
A × B		A × B	
½ × ¼	0,60	1½ × ⅝	3,64
⅝ × 5/16	0,77	1½ × ¾	4,35
¾ × 5/16	0,90	2 × ⅛	2,85
¾ × ⅜	1,08	2 × ½	3,81
1 × ¼	0,98	2 × ⅝	4,80
1 × ⅜	1,44	2¼ × ⅜	3,00
1 × ½	1,95	2¼ × ½	4,35
1¼ × ⅜	1,81	2½ × ½	4,50
1¼ × ½	2,42	2½ × ⅝	5,25
1¼ × ⅝	3,03	3 × ⅜	4,30
1½ × ⅜	2,18	3 × ½	6,00
1½ × ½	2,90		

Wielbandstaal met ronde kanten (Engelsch).
Afmetingen: 1¾ × ⅝″ 1¾ × ¾″ 2 × ⅝″ 2 × ¾″ 2¼ × ⅝″ 2¼ × ¾″
De staven zijn lang 5¾ tot 6 Meter. De breedte wordt berekend met inbegrip van de ronde kanten.

Duitsch leuningijzer (handlijsten).
Normale lengte 4–8 M, grootste lengte 12 M.

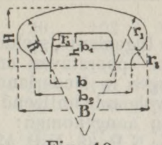


Fig. 13.

R = B
H = 0,45 B
d = 0,2 B
b = 0,5 B
h = 0,25 B
r_1 = 0,15 B
r_2 = 0,10 B
r_3 = 0,05 B
b_1 = 0,45 B
b_2 = 0,75 B

Nr	B	H	b	h	F	G
	in mM				cM²	KGpM
4	40	18	20	10	4,20	3,28
6	60	27	30	15	9,46	7,38
8	80	36	40	20	16,8	13,1
10	100	45	50	25	26,3	20,5
12	120	54	60	60	37,8	29,5

Duitsch hekijzer. *Afmetingen*: A = breedte.
B = dikte van den rand (lijst).
C = „ in het midden.
Lengte der staven ± 5 Meter.

Nr.	A × B × C	Gewicht per Meter
1	20 × 8 × 4 mM	0,9 KG
2	25 × 10 × 5 „	1,36 „
3	30 × 10 × 5 „	1,56 „
4	35 × 12 × 5 „	1,91 „
5	40 × 15 × 6½ „	2,88 „
6	45 × 15 × 6½ „	3,14 „
7	50 × 15 × 6½ „	3,40 „

Raamijzer: gegalvaniseerd en zwart.
Afmetingen: A = hoogte.
B = breedte.
Lengte der staven 5 Meter.

	A × B		
Nr. 1	= 25 × 17 mM	à 1,17 KG	per Meter
„ 5	= 30 × 20 „	„ 1,62 „	„ „
„ 9	= 35 × 22 „	„ 1,87 „	„ „
„ 11	= 40 × 23 „	„ 1,93 „	„ „

Bandijzer in rollen voor emballage.

Nr.	Afmetingen dikte mM	breedte Eng. dm.	Gewicht per Meter	
23	0,70	× ½″	0,07	Gewicht der rollen ± 25 KG
23	0,70	× 5/8″	0,09	
23	0,70	× ¾″	0,11	
23	0,70	× 1″	0,14	
26	0,45	× 5/8″	0,06	
26	0,45	× ¾″	0,068	
28	0,37	× ½″	0,038	
28	0,37	× 5/8″	0,047	
28	0,37	× ¾″	0,056	
30	0,30	× ¾″	0,045	

Prijzen van band- en divers ijzer:

De prijs van het Duitsche bandijzer (vloeiijzer) in gewone afmetingen was in groote hoeveelheden ongeveer f 8,50 per 100 KG franco boord Amsterdam of Rotterdam; kleinere hoeveelheden in het binnenland f 9,— à f 9,50.

Het gegalvaniseerde bandijzer kostte in het binnenland:

voor de nummers	10—14	16	18	20
per 100 KG	13—14	14—15	15—16	18—19 gld.

Begin 1920 werd door het Reichswirtschaftamt voor bandijzer de prijs van ongeveer 2750 Mk per ton vastgesteld. Engelsch bandijzer kostte in dien tijd ongeveer 27.10 £ per ton.

Duitsch hekijzer werd in het binnenland geleverd tegen den prijs van f 10,— per 100 KG.

Wielbandstaal met ronde kanten kostte f 8,25 per 100 KG.

Halfrondstaal kostte f 8,75 per 100 KG.

Rails.

De Normalisatie-Commissie, ingesteld door het Kon. Inst. v. Ingenieurs, stelde in 1916 (goedgekeurd in 1917) een reeks normaalprofielen voor spoorstaven en laschplaten vast, welke voor toepassing op de spoor- en tramwegen in Nederland en Ned.-Indië werd aanbevolen. Aan de toelichting wordt het volgende ontleend.

Als normale spoorstaven (met bijbehoorende laschplaten) zijn aangenomen:

de Vignolaprofielen: N.P. 20, N.P. 23, N.P. 26, N.P. 30, N.P. 34, N.P. 38, N.P. 42 en N.P. 46 (aangeduid door het cijfer van het afgeronde gewicht),

de groefprofielen: 1—1 A en 4—4 A vastgesteld door den „Verein Deutscher Strassenbahn- und Kleinbahnverwaltungen", terwijl op verzoek van de Afdeeling nog toegevoegd werden de in Nederland veelvuldig toegepaste profielen 23 C en 23 D, welke constructief bij de profielen 4 en 4 A achterstaan.

Het gewicht der spoorstaven en laschplaten is berekend met een soortelijk gewicht van 7,85.

Aan de Vignolaprofielen werden de volgende eischen gesteld:

1) Het zwaartepunt van het profiel moet zich ongeveer op het midden der hoogte bevinden.

2) De helling van de laschkamers moet zijn 1 op 4.

3) De aanraking tusschen laschplaat en spoorstaaf moet zoo groot mogelijk zijn; daartoe zijn de zijvlakken van den kop onder een helling van ongeveer 1 op 20 benedenwaarts te verbreeden en zijn de afrondingen in het profiel van de spoorstaaf en van de laschplaten te maken met de onderstaande stralen:

Spoorstaaf:
overgang zijvlak kop op bovenvlak laschkamer . . . . 1,5 mM.
„ rib op kop en voet . . . . 7 „
Laschplaat:
overgang binnenzijvlak op boven- en benedenvlak . . . . . . 3 mM.
„ buitenzijvlak „ bovenvlak . . . . 2 „

4) Het bovenvlak van den voet moet een doorgaande helling hebben; het knikken van dit bovenvlak is slechts voor kleine profielen toe te laten om te voorkomen, dat de einden van den voet te dun zouden worden.

5) De afronding van het rijvlak moet geschieden met een straal van 400 mM.

De Commissie heeft het niet wenschelijk geacht ook normaalprofielen voor groefspoorstaven met laschplaten te ontwerpen en heeft gemeend de reeds genoemde bestaande profielen te moeten aanbevelen.

Ten aanzien van de hoeklaschplaten voor de Vignolaprofielen zij medegedeeld, dat het de Commissie niet wenschelijk voorkwam om ook de diepte van den vleugel te normaliseeren.

De laschplaten zijn zoodanig geconstrueerd, dat de koperen verbindingsstukken der stroomgeleiding bij spoorwegen met electrische beweegkracht tusschen spoorstaaf en laschplaat geborgen kunnen worden.

Normale Vignola-railprofielen: (fig. 14).

Profiel	Gewicht	J_x	W_x	J_y	Gewicht hoek laschplaat	Gewicht normale laschplaat
N.P. 20	20,35	370	73	60	12,26	7,83
„ 23	23,48	520	92	75	14,68	9,83
„ 26	26,04	620	107	95	14,90	9,83
„ 30	30,22	800	132	130	16,89	10,87
„ 34	33,54	990	152	150	18,61	12,24
„ 38	37,94	1180	177	205	20,60	13,17
„ 42	41,52	1360	196	235	21,87	14,27
„ 46	46,23	1640	231	310	24,29	15,63

N. B. Het gewicht in KG per M^1, het traagheids- en weerstandsmoment in cM^4 en cM^3. J_x t/o van de horizontale neutrale as; J_y t/o van lengte-as.

Normaal profiel	Afmetingen in mM												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
20	102	85	9	46	28	58,5	15,5	7	44,75	50,5	63,75	14	naar verkiezing
23	112,5	90	10	50	30	66,5	16,	7	49,25	57	72	15	
26	116	90	10	54	32	65,75	18,25	7	51,125	58	72	15	
30	123	100	11	56	34,5	68,5	20	7,5	54,25	60,5	75	16	
34	130	100	11,5	60	36,5	72,5	21	8,5	57,25	65	79	17	
38	134	110	12,5	64	38,5	73	22,5	8,75	59	66,5	79,5	18	
42	138	110	13,5	68	40,5	74	23,5	9,75	60,5	69,5	81	19	
46	142	120	14	72	42,5	74,5	25	10	62,25	71	81,5	20	
	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w			
20	16,5	14,5	36	21,5	10	8	28	2,5	2	35,5			
23	20	15	41	25	10	6	38	5	4	35			
26	20	16	41	25	14	6	38	5	4	35			
30	21	16,5	42,75	26,25	14	6	40	5	4	39,5			
34	22	17	45	27,75	14	7	42	5	3	39			
38	23	17	45 5	27	14	7	42	5	2	44			
42	25	17	46,75	27,5	14	7	45	6	2,75	42			
46	28	17	47,75	27,5	14	8	45	8	3,5	43			

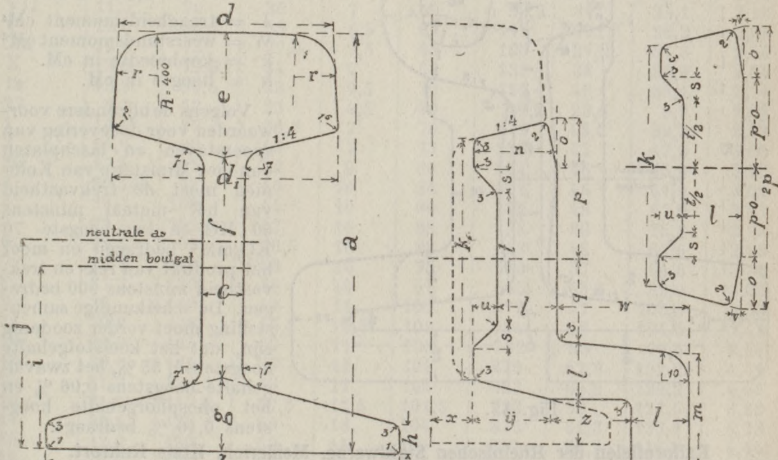


Fig. 14.

Normale groef-railprofielen (fig. 15).

Normaal profiel	Afmetingen in mM														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
1	150	140	11	47	31	14	35	33,74	22,26	79	15	61	13,3	8	27
1a	150	140	11	47	34	21	35	33,74	22,26	?	15	61	13,3	8	27
4	180	180	12	56	31	16	40	41,2	21,8	100	17	75	15	8	33
4a	180	180	12	56	34	26	40	41,2	21,8	100	17	75	15	8	33
23c	178	178	11,5	52	31	14	32	38	16	106	18	75	11	—	29,8
23d	178	178	11,5	52	34	21	34	38	16	106	18	75	11	—	29,8

Normaal profiel	R	r	r_1	r_2	r_3	R_1	helling voet	helling onderkant kop	helling onderkant groef
1	225	10	10	10	10	26	1 : 10	1 : 5	1 : 5
1a	225	10	12	10	10	30	1 : 10	1 : 5	1 : 5
4	225	10	10	10	10	30	1 : 10	1 : 5	1 : 5
4a	225	10	12	10	10	30	1 : 10	1 : 5	1 : 5
23c	330	7,5	9	15	13	19	1 : 8	1 : 5	1 : 4
23d	330	7,5	10	15	13	23	1 : 8	1 : 5	1 : 4

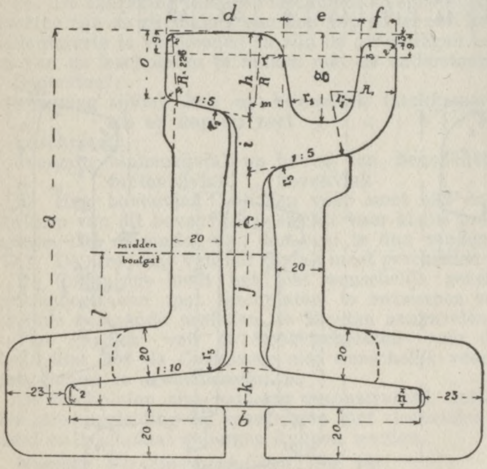


Fig. 15.

Benaderingsformules voor diverse railvormen.

$$J = 0{,}077\ h^3k.$$
$$W = 0{,}149\ h^2k.$$

J = traagheidsmoment cM^4
W = weerstandsmoment cM^3
k = kopbreedte in cM.
h = hoogte in cM.

Volgens de bijzondere voorwaarden voor de levering van spoorstaven en laschplaten van het Ministerie van Koloniën moet de trekvastheid van het metaal minstens 60 KG en ten hoogste 70 KG/mM^2 bedragen en moet het produkt van rek- en trekvastheid minstens 900 bedragen. De scheikundige samenstelling moet verder zoodanig zijn, dat het koolstofgehalte hoogstens0, 55 %, het zwavelgehalte hoogstens 0,06 % en het phosphorgehalte hoogstens 0,10 % bedraagt.

Railprofielen der Rheinischen Stahlwerke, Meiderich, Kreis Ruhrort.

Profielnummer *)	Gewicht in KG per strekkenden Meter	Hoogte van de rail in mM	Breedte van den kop in mM	Dikte van het lijf in mM	Breedte van den voet in mM	Traagheidsmoment in cM^4	Afstand van het zwaartepunt uit voet in mM	Weerstandsmoment in cM^3	Nuttigheidscoëfficiënt = W : G.
XII	3,6	45	18	3,5	35	12,3	21	5,13	1,43
XI	4,4	45	20	5	36	14,2	21	5,92	1,35
7b	4,5	50	21	4	45	20,8	23	7,7	1,73

*) Van XII tot 27 zijn z.g. Grubenschienen.

Profiel-nummer *)	Gewicht in KG per strekkenden Meter	Hoogte van de rail in mM	Breedte van den kop in mM	Dikte van het lijf in mM	Breedte van den voet in mM	Traagheids-moment in cM⁴	Afstand van het zwaartepunt uit voet in mM	Weerstands-moment in cM³	Nuttigheids-coëfficiënt = W : G.
XIII	4,7	55	20	4,25	38	24,5	25,3	8,25	1,76
III	4,9	46,5	21	5	40	17,0	21	6,66	1,36
IX	5,0	60	20	4	40	32,5	27	9,85	1,97
5a	5,39	60	22	4	44	36,6	28	11,4	2,12
XVIII	6,1	65	20	5	45	44	30,5	12,75	2,09
II	6,12	50,75	25,5	5,5	44,5	26,1	25	10,1	1,66
4	6,7	65	24	5	48	53,7	29,6	15,2	2,27
VIII	6,8	65	25,5	5	50	52	31,7	15,6	2,29
XIV	7,2	56	27	6,5	51	37	27,3	12,9	1,79
XVI	7,9	55	30	6,5	51	39,2	27,3	14,3	1,79
V	8,25	57	30	6,25	50,75	44	30,5	14,4	1,74
XVII	8,4	66	29	5,5	54,5	65	32	19,1	2,28
IVB	8,5	75	27,5	5	60	87	35	21,8	2,56
I	9,1	60	27,5	7,5	52,5	51,5	28	16,1	1,77
VI	9,4	60	30	7	64	56,6	28	17,7	1,88
3	10,0	70	32	6	58	87	34	24,2	2,42
IV	10,7	80	32,5	7	60	118	38	28,5	2,63
VII	11,5	70	35	7	60	90,4	34	25,1	2,18
1	12,0	80,5	35	6,5	67	142	39	34,2	2,85
Xa	13,0	75	37,5	7,5	65	120	37,2	31,8	2,44
X	13,0	79,5	34	7	62	137	38	33,0	2,54
1a	13,9	80,5	38	9,5	70	154	40	38,1	2,74
27	6,1	53	23	4,5	40	29,2	23,5	9,9	1,62
1	14,4	87	38,5	7	70	179	45,5	39,37	2,73
2	15,9	90	45	7	75	225	47	47,8	3,00
26	17,4	95	40	9	88	274	46	55,9	3,22
3	20,446	98	40	10	84	322	46	61,9	3,02
4	20,7	100	44	10	88	352	48	67,6	3,27
5	22,3	102,5	47	10	88	398	50	75,8	2,94
6	22,5	95	50,5	10	88	348	46	64,6	2,88
7	23,8	113	53	10	95	540	57	94,6	3.36
8	27,3	120	58	10	85	565	63,5	89,0	3,26
9	28	110	60	11	100	572	57	105,5	3,58
11	30,0	108	55,5	12,5	108	584	52	104,2	3,48
10	30,0	125	57	11	100	792	63	79,5	2,64
12	30,0	125	57	11	104	826	62,5	132,2	4,41
25	31,3	130,5	58	11	105	927	66,5	139,2	4,45
13	31,8	117,5	57,5	12,5	101,5	723	58	121,5	3,83
14	32,5	125	58	13	104	875	61,3	137,2	4,23
15	32,9	130	59	11	104	960	64,2	146,0	4,44
16	33,4	134	58	11	105	1 036	67,3	154,0	4,61
17	33,7	128	58	13	102	945	62	143,1	4,25
23	34,9	135	58	13	105	1 072,7	66,5	156,8	4,49
18	36	124	58	13	115	912	59,5	141,4	3,94
22	36,0	130	60	13	100	1 006	64	152,5	4 24
19	36,1	129	60	14	105	1 013	62,5	152,6	4,23
20	38,2	105	59	17	108	615	47,5	107,0	2,80
21	38,5	125	62,4	17	105	944	60	145,1	3,78
24	41,0	138	72	14	110	1 349	69,4	194,5	4,75

*) Van XII tot 27 zijn z.g. Grubenschienen.

Railprofielen van de Gelsenkirchener Bergwerks A. Ges. Abt. Aachener Hütten Verein.

Gewicht in KG per strekkenden Meter	Hoogte van de rail in mM	Breedte van den kop in mM	Dikte van het lijf in mM	Breedte van den voet in mM	Traagheidsmoment in cM^4	Oppervlakte in cM^2	Weerstandsmoment in cM^2	Nuttigheidscoëfficiënt = W : G.
33,4	134	58	11	105	1 036,6	42,53	154	4,61
37,24	134	58	18	105	1 063,0	47,44	157,2	4,22
41,0	138	72	14	110	1 351,6	52,3	193,1	4,72
43,43	138	72	18	110	1 362,5	55,32	197,0	4,55
31,16	129	58	11	105	929	39,7	140,75	4,52
27,55	115	58	10	100	642,15	35,10	111,68	4,05
29,76	108	60,3	12,3	108	615,6	38	108,76	3,66
34,7	120,65	60,3	14,3	120,65	863	44,2	140	4,04
39,8	127	63,5	13,9	127,	1 120	50,7	167	4,21

Railprofielen van den Hoerder Bergwerks und Hütten Verein.

Gewicht in KG per strekkenden Meter	Hoogte van de rail in mM	Breedte van den kop in mM	Dikte van het lijf in mM	Breedte van den voet in mM	Traagheidsmoment in cM^4	Weerstandsmoment in cM^3	Nuttigheidscoëfficiënt = W : G.
16,0	87	40	9	80	199,23	45,8	2,86
19,6	90	48	9	85	256,54	64,6	3,29
22,0	110,	46	8	90	479,2	84,0	3,82
22,46	95,25	50,8	10,4	88,9	332,9	68,64	3,06
23,56	115	45	10	110	567,68	91,95	3,90
24,2	110	50	9	90	480,9	82,92	3,42
24,3	113	53	10	95	534,9	93,8	3,86
24,57	115	53	10	90	574,9	99,1	4,04
25,8	118	52,1	9,1	94,1	565,51	91,95	3,56
31,6	120	57	13	95	727,62	117,35	3,72
31,82	118	57	12,7	101,6	716,3	119,4	3,76
33,0	127	60	11,5	99,6	846	127,22	3,86
33,3	128	58	13	102	928,85	140,7	4,23
36,92	180	50	10	120	2 035,52	208	5,65

Divers wapeningsijzer voor gewapend beton- en stukadoorswerk.

Divers plaatijzergaas.

Metaalgaas (Métal déployé).

No.	Korte diagonaal der mazen mM	Benaderd gewicht per M^2 in KG	Afmetingen der strooken		Maximum afmetingen der bladen in de		Prijs per M^2 in gld.
			a breedte in mM	*b* dikte in mM	richting v. d. lengte der mazen	richting v.d. breedte d.mazen	
14	150	1,15	4	3	2,40 M	4,80 M	0,50
12	150	1,80	6	3	2,40 „	4,80 „	0,67
13	150	2,65	6	4½	2,40 „	4,80 „	0,93
15	75	1,75	3	3	2,40 „	4,80 „	0,74
9	75	2,60	4½	3	2,40 „	4,80 „	0,98
8	75	3,55	6	3	2,40 „	4,80 „	1,26

No.	Korte diagonaal der mazen mM	Benaderd gewicht per M³ in KG	Afmetingen der strooken		Maximum afmetingen der bladen in de		Prijs per M² in gld.
			a breedte in mM	*b* dikte in mM	richting v. d. lengte der mazen	richting v. d. breedte d.mazen	
11	75	3,95	4½	4½	2,40 ,,	4,80 ,,	1,36
10	75	5.25	6	4½	2,40 ,,	4,80 ,,	1,75
6	40	1,60	3	1½	2,40 ,,	4,80 ,,	0,83
24	40	3,10	3	3	2,40 ,,	3,60 ,,	1,26
21	40	4,60	4½	3	2,40 ,,	2,40 ,,	1,70
3	20	1,95	3	1	2,40 ,,	3,60 ,,	0,96
4	20	2,90	2½	1½	2,40 ,,	3,00 ,,	1,24
20	20	5,80	3	3	2,40 ,,	2,40 ,,	2,04
2	10	2,75	2½	1	2,40 ,,	2,00 ,,	1,24
17	10	3,80	2½	1½	2,40 ,,	2,00 ,,	1,54
Bij voorkeur voor vloeren.							
Stucadoors-metaalgaas.							
1	10	1,50	2	6/10	2,40 M 2,40 ,, 2,00 ,, 2,00 ,,	2,40 M 0,82 ,, 0,68 ,, 0,82 ,,	0,66

Met uitzondering van Nr. 1 kunnen de verschillende nummers geleverd worden in bladen van elke verlangde lengte en breedte tot aan bovengenoemde maximum afmetingen.

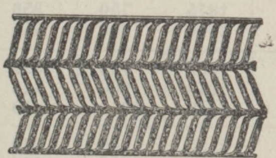


Fig. 16. A 28

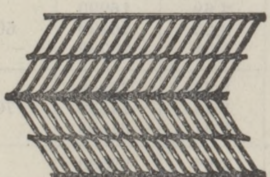


Fig. 17. BB 27.

Haringgraatstaal. Model A standaard nr. 28 vlak (fig. 16) voor plafonds, per plaat van 0,35 × 2,44 M, gewicht 1,36 KG, f 0,65.

Model BB standaard nr. 27 (fig. 17) vlak voor stucadoor- en pleisterwerken,cementconstructies, enz. per plaat van 0,51 × 2,44 M, gewicht 1,35 KG, f 0,85.

Model	Nr.	Vorm der dwarsribben	Gewicht per plaat in KG	Afmetingen der platen in Eng. duim	Wijdte der mazen in Eng. duim	
A	28	staand	± 1,4	14 × 96	$^5/_{16}$ × 1	
,,	27	,,	1,5	,,	,,	
,,	26	,,	1,6	,,	,,	
,,	28	vlak	1,4	,,	$^3/_{16}$ × 1	Standaard-nummer
,,	27	,,	1,5	,,	,,	
,,	26	,,	1,6	,,	,,	
AA	28	staand	1,4	,,	$^7/_{32}$ × 1	
,,	27	,	1,5	,,	,,	
,,	26	,,	1 6	,,	,,	
,,	28	vlak	1 4	,,	$^1/_8$ × 1	
,,	27	,,	1,5	,,	,,	
,,	26	,,	1,6	,,	,,	

Model	No.	Vorm der dwars-ribben	Gewicht per plaat in KG	Afmetingen der platen in Eng. duim	Wijdte der mazen in Eng. duim	
B	28	Vlak	1,4	$20^1/_8 \times 96$	$^5/_{16} \times 1^1/_8$	
,,	27	,,	1,5	,,	,,	
,,	26	,,	1,6	,,	,,	
,,	24	,,	2,3	,,	,,	
BB	28	,,	1,4	,,	$^7/_{32} \times 1^1/_8$	
,,	27	,,	1,5	,,	,,	Standaard-nummer.
,,	26	,,	1,6	,,	,,	
,,	24	,,	2,3	,,	,,	

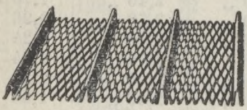


Fig. 18.

Self-sentering ribgaas.

Ribgaas nr. 28 (fig. 18) voor daken, zware muren, vloeren en tanks, afmetingen 2,44 × 0,74 = 1,80 M² gewicht ± 4,80 KG per blad f 1,50 per M².

Draagvermogen van met self-sentering ribgaas gewapende platen van verschillende dikte (gerekend van af onderkant ribplaat) in KG M².

Nr. v/d Selfsentering	Oppervlak der ijzerdoorsnede mM²	Gemidd. gewicht ijzer in KG/M²	Min. weerstandsmoment KG/cM³	Dikte betonplaat mM	Draagvermogen bij hartafstanden ondersteuningsbalken in M		
					1.00	1,50	2,00
28	350	2,69	13755		1250	490	220
26	420	3,25	15495	50	1425	560	260
24	560	4,31	16950		1565	625	295
28	350	2,69	16990		1550	610	275
26	420	3,25	20190	60	1875	750	350
24	560	4,31	23780		2330	900	445
28	350	2,69	20250		1855	725	325
26	420	3,25	24880	70	2240	900	425
24	560	4,31	31505		2980	1240	610
28	350	2,69	23530		2155	845	390
26	420	3,25	27982	80	2600	1045	500
24	560	4,31	32739		3480	1435	720

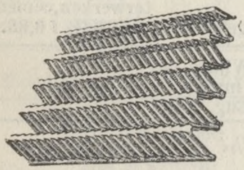


Fig. 19.

Ribstaalgaas (fig. 19) voor zware tusschenschotten, muren en lichte, vloeren afmetingen 2,44 × 0,48 = 1,17 M², gewicht ± 3,30 KG per blad, f 1,30 per M².

Speciaal wapeningmateriaal van de Trussed Concrete Steel Company.

„*Hy-rib*" *ribgaas:* (fig. 20—23) voor wanden en vloeren (ook gewelfde vloeren).

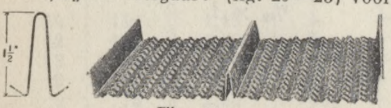


Fig. 20.



Fig. 21.

De zg. Hy-rib-Lath heeft men nog in drie soorten:
1) Standard Rib Lath



Fig. 22.



Fig. 23.

2) „A" Rib Lath
3) „B" Rib Lath
van elkaar verschillend in maaswijdte en ribsterkte; elke soort wordt weder in drie verschillende zwaarten vervaardigd.



Fig. 24.

Hy-Rib-Lath dient hoofdzakelijk voor bekleeding.

„*Rib-bars*" (fig 24) voor langsstaven in kolommen, enz.

Dikte	Doorsnede	Gewicht per Eng. voet
$^3/_8$"	0,1406 inch^2.	0,48 lbs.
$^1/_2$"	0,2500 „	0,86 „
$^5/_8$"	0,3906 „	1,35 „
$^3/_4$"	0,5625 „	1,95 „
$^7/_8$"	0,7656 „	2,65 „
1 "	1,0000 „	3,46 „
$1^1/_8$"	1,2656 „	4,38 „

Plaatijzer en diverse ijzeren platen.

Het plaatijzer wordt onderscheiden in:

a. Pantserplaten.

b. Gewoon scheeps- of ketelplaatijzer (Grobblech) bij 5 mM dikte en meer tot en met 40 mM dikte.

c. Dun plaatijzer of blik (Feinblech, sheet iron, tôle mince).

De *pantserplaten* zijn geen courante handelswaar.

Officieele maten van de Birmingham Gauge (B. G.) voor ijzeren en stalen sheets and hoops. Overeengekomen tusschen de Londensche Kamer van Koophandel en de „Standards Department of the Board of Trade" (1914) (Zie Engineering 1914 Juli).

Nummer B. G.	Afmeting in inch.	Nummer B. G	Afmeting in inch.
15/0	1,00	20	0,039 2
14/0	0,958 3	21	0,034 9
13/0	0,916 7	22	0,031 25
12/0	0,875 0	23	0,027 82
11/0	0,833 3	24	0,024 76
10/0	0,791 7	25	0,022 04
9/0	0,750	26	0,019 61
8/0	0,708 3	27	0,017 45
7/0	0,666 6	28	0,015 625
6/0	0,625	29	0,013 9
5/0	0,588 3	30	0,012 3
4/0	0,541 6	31	0,011 0
3/0	0,500	32	0,009 8
2/0	0,445 2	33	0,008 7
1/0	0,396 4	34	0,007 7
1	0,353 2	35	0,006 9
2	0,314 7	36	0,006 1
3	0,280 4	37	0,005 4
4	0,250	38	0,004 8
5	0,222 5	39	0,004 3
6	0,198 1	40	0,003 86
7	0,176 4	41	0,003 43
8	0,157 0	42	0,003 06
9	0,139 8	43	0,002 72
10	0,125 0	44	0,002 42
11	0,111 3	45	0,002 15
12	0,099 1	46	0,001 92
13	p,088 2	47	0,001 70
14	0,078 5	48	0,001 52
15	0,069 9	49	0,001 35
16	0,062 5	50	0,001 20
17	0,055 6	51	0,001 07
18	0,049 5	52	0,000 95
19	0,044 0		

Gewoon plaatijzer.

Het *gewone plaatijzer* (scheeps- en ketelplaatijzer) werd vóór den oorlog door de Gutehoffnungshütte in dikten van 5 tot 40 mM vervaardigd van vloeiijzer volgens het Thomas- of basisch proces in elke gewenschte kwaliteit. Het kan worden geleverd in de grootste afmetingen tot een gewicht van 16 000 KG per stuk. Als eenheidsgewicht geldt het gewicht van 8 KG voor 1 M^2 bij 1 mM dikte.

Vloeiijzeren platen, welke voor vloeren, dekstukken, enz. moeten dienen of welke moeten worden omgezet of geweld, worden van prima Siemens-Martin-vloeiijzer vervaardigd.

Prijzen:

De prijzen worden berekend naar den grondprijs, welke naar de verlangde kwaliteit verschillend is en naar de hieronder volgende verhoogingsprijzen.

De marktprijs van ketelplaatijzer wisselde van 130 tot 135 Mk per 1000 KG; van middelsoort dikke platen van 125—127⁵ Mk, dunnere hooger, terwijl grof plaatijzer een marktprijs had van 120—124 Mk.

De grondprijs geldt voor de volgende normale maten en gewichten:

Bij een dikte van	5 tot 6 mM	6 tot 7 mM	7 tot 8 mM	8 tot 9 mM	9 tot 10 mM	10 tot 15 mM	15 mM en daarboven
Breedte en doorsnede tot	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 200	2 400 mM
Oppervlakte tot .	6	7	8	9	10	12	15 M²
Gewicht „ .	500	600	700	800	900	1 250	2 500 KG

A. Verhoogingsprijs voor maat en gewicht bedraagt:

a. bij overschrijding van de normale breedte of doorsnede voor elke begonnen 25 mM . . . . 1 Mk.

b. bij overschrijding van het normale oppervlak voor elke begonnen 0,1 M² . . . . 0,5 „

c. bij overschrijding van het normale gewicht voor elke aangevangen 100 KG . . . . 1 „

Voor platen van kleiner oppervlak dan $^1/_4$ M² en voor die, waarbij de lengte ongewoon groot is in verhouding tot de breedte en dikte, worden bepaalde overeenkomsten getroffen.

B. Verhoogingsprijs voor den vorm wordt berekend voor ronde en halfronde platen (20% meer dan de gewone) en voor andere vormen.

Begin 1920 stelde het Reichswirtschaftamt voor dikke platen den prijs van 3285 Mk per ton vast.

Dun plaatijzer.

Het Duitsche *dunne plaatijzer of blik* werd door de Gutehoffnungshütte op de volgende voorwaarden geleverd:

Op zuivere maat bestelde platen zullen afwijkingen mogen vertoonen van 6 mM op de breedte en 10 mM op de lengte meer. De platen worden in het algemeen in de volgende magazijngrootten geleverd:

beneden	tot en met	afmetingen.		
5 mM	1,5 mM	800 × 1 600	1 000 × 2 000	1 250 × 2 500 mM
1,5 „	0,75 „	800 × 1 000	1 000 × 2 000	„

waarbij een dikte-afwijking tot $^3/_4$ nummer naar boven en onder mag voorkomen.

Worden de platen in andere afmetingen gevraagd, dan zal de dikteafwijking een geheel nummer mogen bedragen. Wordt de dikte speciaal aangegeven, dan mag de dikte aan de langszijde gemeten afwijken:

van beneden 5 mM tot 2 mM . . . . 0,25 mM
„ „ 2 „ „ 1 „ . . . . 0,15 „
„ „ 1 „ „ 1,75 „ . . . . 0,12 „

Het ijzer is te nemen zooals het valt, wanneer de dunste plaats niet meer dan 10% van de opgegeven dikte afwijkt, als zij de volgende afmetingen overschrijden:

beneden	tot en met	een lengte van	of een breedte van
5 mM	3 mM	4 000 mM	1 500 mM
3 „	2 „	3 500 „	1 500 „
2 „	1 „	3 000 „	1 250 „
1 „	0,75 „	2 500 „	1 100 „

Bij de bijzondere soorten platen zijn de volgende afwijkingen in gewicht toe te staan:

beneden tot en met de dikte van	5—3	3—1½	1½—1	1—0,75 mM.
1. platen tot magazijngrootte	5%	6%	7%	8%
2. platen in de volgens kolom 4 vermelde grootste afmetingen	7%	8%	9%	10%

Bij de platen van magazijnafmetingen komen afwijkingen van 150 mM in de lengte en van 50 mM in de breedte voor. Voor platen van andere afmeting moeten van de nummers 11—15, 16—18, 19, 20, 21
minstens 2 3 4 6 8 platen gelijktijdig van dezelfde grootte besteld worden.

Prijzen:

In October—November—December 1910 was de grondprijs voor het Duitsche fijn plaatijzer of blik 140—145 Mk per 1000 KG. In begin 1920 stelde het Reichswirtschaftamt den prijs van 3785 Mk per ton vast.

Plaatnummer (Duitsche plaatmal)	Dikte in mM	Ongeveer gewicht per M² in KG	Grootste platen zonder verhoogingsprijs voor de afmetingen: Oppervlak of lengte	Grootste platen zonder verhoogingsprijs voor de afmetingen: Breedte	Verhoogingsprijs bij overschrijding der hiernaast staande afmetingen voor elke 100 mM meerlengte en 50 mM meerbreedte			Verhoogingsprijs voor: Bijzonder machinaal richten	Verhoogingsprijs voor: Dikte in %	Verhoogingsprijs voor: Zuivere maat in %	Verhoogingsprijs voor: per ronde of halfronde platen	Voor plaatstrooken van 330—75 mM breedte voor elke 10 mM beneden de 330 mM
			oppervl. M²	M	Mk	Tot de grootste leng-te M	Tot de grootste br. M	Mk				Mk per 1000 KG
	4,900 tot 4,500			1,50								
4	4,250	34	7,0	1,50								
5	4,000	32		1,40								
6	3,750	30		1,40								
7	3,500	28	6,0	1,40	1,—				0	3		0,50
8	3,250	26		1,30								
9	3,000	24		1,30								
10	2,750	22	4,0	1,25								
			lengte M					10,—			25	
11	2,500	20	3,0									
12	2,250	18										
13	2,000	16		1,25	1,—	4,0	1,5		5	3		1,—
14	1,750	14	2,5									
15	1,500	12										
16	1,375	11	2,5									
17	1,250	10					1,3		10			
18	1,125	9		1,0	1,—	3,5				5		1,50
19	1,000	8	2,0				1,25		15			
20	0,875	7	2,0	1,0	1,50		1,1		20	5	30	
21	0,750	6							25			

Het *Engelsche dunne plaatijzer of blik* heeft men in de soorten: Gewoon coke, Best coke, Extra best coke en Best houtskoolblik.

Gewicht en dikte uitgedrukt in mM en inches ongeveer volgens de Metaal Mij. van W. van Houten & Zonen, Rotterdam:

Nummer		Gewicht in Eng. Ponden	mM	Inches
IC	28 × 20 inches.	216	0,315	0,0124
ICL		200	0,292	0,0114
ICL		190	0,277	0,0109
ICLL		180	0,262	0,0103
ICLL		170	0,248	0,0097
ICLLL		160	0,233	0,0091
ICLLLL		140	0,200	0,0079
ICX		240	0,349	0,0137
IX		272	0,396	0,0155

Nummer		Gewicht in Eng. Ponden	mM	Inches
IXX	28 × 20 inches	156	0,455	0,0179
IXXX		178	0,513	0,0201
IXXXX		196	0,571	0,0223
IXXXXX		216	0,638	0,0251
IXXXXXX		236	0,699	0,0275
DC	25 × 17 inches	94	0,404	0,0160
DX		122	0,525	0,0206
DXX		142	0,615	0,0242
DXXX		162	0,706	0,0278
DXXXX		182	0,796	0,0313

Universaal plaatijzer (plaatijzer in smalle strooken).

Volgens de Gutehoffnungshütte vóór den oorlog:

Breedte mM	Dikte mM	Verhoogingsprijs Mk per 1 000 KG	Breedte mM	Dikte mM	Verhoogingsprijs Mk per 1 000 KG
131—178	5—6,5	30	201—301	6,5—10	20
	6,5—9	15		10—30	10
	9—30	5		30 en meer	15
	30—50	10	301—401	6,5—10	30
	50 en meer	20		10—30	15
178—201	5—6,5	30		30 en meer	20
	6,5—10	15	401—501	10—30	20
	10—30	10		30 en meer	15
	30 en meer	15			

De grondprijs gold voor lengten tot 12 Meter en tot 500 KG staafgewicht: grootere lengten en gewichten volgens overeenkomst.

De breedten kunnen willekeurig gekozen worden.

Engelsche stalen platen heeft men in de volgende afmetingen:

Ketelplaten: dikte in Eng. duim	lengte (10 vt) × breedte (6 vt)	Gewicht per M²
³/₈	3 050 × 1 830 × 9½ mM	76 KG
½	3 050 × 1 830 × 12½ „	100 „
⁵/₈	3 050 × 1 830 × 16 „	128 „

Scheepsplaten in lengten van 5000 mM en breedten van 610, 760, 915, 1000, 1067, 1220 en 1525 mM:

Gewicht per M² bij een dikte van 3 mM . . . . 25 KG.
„ „ „ „ „ „ „ 4 „ . . . . 32 „
„ „ „ „ „ „ „ 5 „ . . . . 40 „
„ „ „ „ „ „ „ 6 „ . . . . 48 „
„ „ „ „ „ „ „ 7 „ . . . . 56 „
„ „ „ „ „ „ „ 8 „ . . . . 64 „
„ „ „ „ „ „ „ 9,5 „ . . . . 76 „

Vergelijking tusschen Duitschen en Engelschen plaatmal:

Plaatnummer	Dikte in mM volgens Duitschen plaatmal	Dikte in mM volgens nieuwen Eng. plaatmal B.G.	Gewicht KG p. M² volgens Duitschen plaatmal	Gewicht KG p. M² volgens nieuwen Eng. plaatmal B.G.	Plaatnummer	Dikte in mM volgens Duitschen plaatmal	Dikte in mM volgens nieuwen Eng. plaatmal B.G.	Gewicht KG p. M² volgens Duitschen plaatmal	Gewicht KG p. M² volgens nieuwen Eng. plaatmal B.G.
1	5,50	8,97	44	71,76	16	1,375	1,59	11	12,72
2	5,—	7,99	40	63,92	17	1,25	1,41	10	11,28
3	4,50	7,12	36	56,96	18	1,125	1,26	9	10,08
4	4,25	6,35	34	50,80	19	1,—	1,12	8	8,96
5	4,—	5,65	32	45,20	20	0,875	1	7	8,—
6	3,75	5,03	30	40,24	21	0,75	0,89	6	7,12
7	3,50	4,48	28	35,84	22	0,625	0,79	5	6,32
8	3,25	3,99	26	31,92	23	0,562	0,71	4,5	5,68
9	3,—	3,55	24	28,40	24	0,50	0,63	4	5,04
10	2,75	3,18	22	25,44	25	0,438	0,56	3,5	4,48
11	2,50	2,83	20	22,64	26	0,375	0,50	3	4,—
12	2,25	2,52	18	20,16	27	0,313	0,44	2,5	3,52
13	2,—	2,24	16	17,92	28	0,270	0,40	2,25	3,20
14	1,75	1,99	14	15,92	29	0,240	0,35	2	2,80
15	1,50	1,78	12	14,24	30	0,220	0,31	1,5	2,48

Geribd of geruit plaatijzer.

Geribd plaatijzer van Duitsch fabrikaat wordt gewalst in dikten van 3—15 mM (de ribhoogte niet medegerekend) en wel

bij 3—4,5 mM dikte tot de grootste afmeting van 4 000 × 1 000 mM
of „ 3 000 × 1 250 „
„ 5—15 „ „ „ „ „ afmeting „ 7 000 × 1 000 „
of „ 5 000 × 1 250 „
„ „ 3 500 × 1 500 „

Het gewicht per M² met inbegrip der ribben bedraagt:

bij	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	mM dikte
ongeveer	38	46	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126	KG.

Bij het Engelsch fabrikaat zijn de dikten en afmetingen als volgt:

Dikte in Eng. duim	Afmeting in millimeters	Gewicht per M² in KG
3/16	2 000 × 1 000 × 5,4	40
1/4	2 000 × 1 000 × 6	52
5/16	2 000 × 1 000 × 8	68
3/8	2 000 × 1 000 × 9,5	80

De verzinkte platen zijn ongeveer 1 KG per M² zwaarder.

De prijs van geruite platen van 5 mM en dikker was op de binnenlandsche markt f 9,— per 100 KG; dunnere van 3 tot 5 mM f 9,50 per 100 KG.

Gegolfd plaatijzer.

Duitsch (gegalvaniseerd) gegolfd plaatijzer.

Afmetingen en gewicht.

	Nummer	Golf- breedte a. mM	Golf- hoogte b. mM	Gewicht, KG per M^2 bij een plaatdikte van 1 mM: van het plaatijzer	Gewicht, KG per M^2 bij een plaatdikte van 1 mM: van de dakbedekking (met overlap van 10 cM in lengterichting)	Normale afmetingen: Dekkende breedte cM	Normale afmetingen: Lengte cM	Bij een plaatdikte mM
	13—14	60	20	10,10	10,95	78	250	2 en 1,75
Dakblik	15—21	60	20	10,10	10,95	72	200	1,5 tot 0,75
	13—14	76	24	9,95	10,76	91,2	250	2 en 1,75
	15—21	76	24	9,95	10,76	76	200	1,5 tot 0,75
	18—21	85	26	9,60	10,40	76,5	200	1,13 „ 0,75
	13—14	100	40	11,10	12,20	70	250	2 en 1,75
	15—21	100	40	11,10	12,20	60	200	1,5 tot 0,75
	13—14	120	25	8,70	9,65	96	250	2 en 1,75
	15—21	120	25	8,70	9,65	84	200	1,5 tot 0,75
	17—21	127	32	9,25	10,30	76,2	200	1,25 „ 0,75
	16—21	135	30	8,80	9,80	81	200	1,38 „ 0,75
	16—21	135	35	9,25	10,30	81	200	1.38 „ 0,75
	13—14	150	40	9,40	10,55	90	250	2 en 1,75
	15—21	150	40	9,40	10,55	75	200	1,5 tot 0,75
	13—14	150	45	9,70	10,85	90	250	2 en 1,75
	15—21	150	45	9,70	10,85	75	200	1,5 tot 0,75
		200	80	11,00	12,95	80	250	1 en 1,75
		200	80	11,00	12,95	60	200	2,5 tot 0,75
		100	50	12,5	—	—	—	1 „ 2
Liggerblik		100	60	14,1	—	—	—	—2
		100	70	15,7	—	—	—	1—3
		100	80	17,3	—	—	—	1—5
		100	90	18,9	—	—	—	1—5
		100	100	20,5	—	—	—	2—5
		100	110	22,1	—	—	—	2—5

Op het gebied van golfblikprofielen, bestond in Duitschland nog een verwarrende verscheidenheid, die uiteraard dikwijls zeer lastig was voor de toepassing snelle levering en eenvoudige constructie. In 1915 is daaraan door het ingrijpen van den „Verein Eisenhüttenleute" een eind gekomen. Het resultaat van de vele onderhandelingen van alle betrokken fabrikanten is, dat een lijst vastgesteld is van *Duitsche golfblikprofielen*, gelijk reeds lang met de meeste andere walsprofielen het geval is.

De lijst betreft het *vlakke*, het *hooge* en het *rolluiken* golfblik.

De eerste toonen 7 hoofdprofielen van 60—150 mM golfbreedte en 20—60 mM golfhoogte en worden tot in 5 dikten gewalst, die bij het zwakste profiel zich tusschen ¾ en 1¼, bij de sterkste tusschen 1 en 2 mM bewegen. De normale bouwbreedte ligt tusschen 600—800 mM. De golven zijn uit paraboolbogen samengesteld, terwijl het hooge golfblik cirkelbogen heeft. Voor het laatste zijn 5 hoofdprofielen bepaald van 90 tot 100 mM breedte, 50—100 mM hoogte, 400—600 mM bouwbreedte. De dikten liggen tusschen 1 en 2 mM. Het rolluikenblik wordt in 2 profielen, 30 breed, 15 hoog en 40 breed, 20 hoog gewalst; in bouwbreedten van 600 mM, ½ en ¾ mM dikte.

De lijst bevat bovendien de levervoorwaarden, die eveneens door alle betrokken firma's overeengekomen zijn.

Voortaan zullen alleen deze „normaalprofielen" door de golfblikwerkfabrieken vervaardigd worden.

Afmetingen, gewicht, weerstandsmomenten en draagvermogen van gegolfd plaatijzer (van Tillmans te Remscheid).

Golf- Breedte in cM	Golf- Hoogte in cM	Gewicht in KG per M²	Doorsnede van een golf in cM²	Weerstandsmoment voor 1 M lengte in cM³	Nuttige breedte in cM	Draagvermogen in KG per M² voor een spanwijdte in M van: 1	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
		Voor een plaatdikte van 1 mM												
				MET VLAKKE GOLVEN.										
6	2	10,	0,76	6,8	78	490	314	217	163	125	78	54	40	
7,5	2,5	9,25	0,95	6,6	75	480	307	213	160	120	77	53	38	
8,5	2,5	9,5	1,034	7,1	76,5	510	226	226	170	127	82	56	41	
12,2	2,9	8,8	1,396	6,4	85,4	460	294	204	150	115	74	50	37	
13,5	3,5	9,1	1,58	7,9	81	575	368	255	191	144	92	63	46	35
15	4,0	9,2	1,773	9,4	90	675	432	300	225	191	144	92	63	46
23	7,5	9,9	2,9	19,7	92	1 435	918	637	478	359	230	158	115	85
				MET HOOGE GOLVEN.										
6,8	3,4	12,56	1,068	12,2	66	865	552	383	280	210	134	92	67	50
9	4,5	12,56	1,414	17,2	72	1 240	794	550	410	320	198	125	100	75
9	5	13	1,51	20,3	63	1 468	940	652	489	367	235	162	118	90
9	5,5	14	1,61	23,4	54	1 700	1 088	755	570	425	272	189	136	102
9	6	15	1,71	27,1	54	1 952	1 249	866	650	490	312	215	156	117
9	6,5	15,5	1,83	30,6	54	2 208	1 413	980	770	552	353	245	176	132
9	7	16	1,91	34,7	54	2 504	1 602	1 112	834	626	400	278	200	150
9	7,5	16,5	2,01	39,3	54	2 832	1 812	1 257	944	708	453	313	226	170
10	5	12,56	1,571	18,8	61,2	1 355	867	602	452	340	217	146	108	80
10	6	14,17	1,571	26,17	60	1 885	1 206	837	602	471	302	209	150	143
10	6,5	15	1,87	28,9	60	2 090	1 338	928	700	502	334	232	167	125
10	7	15,77	1,971	33,3	50	2 400	1 536	1 066	800	600	384	266	192	143
10	7,5	16,6	2,07	36	50	2 600	1 664	1 154	870	650	416	289	208	156
10	8	17,5	2,171	40,5	50	2 916	1 866	1 295	972	754	476	324	233	175
10	8,5	17,7	2,27	44,5	50	3 204	2 150	1 422	1 070	800	513	356	256	192
10	9	18,4	2,37	48,4	50	3 490	2 234	1 550	1 163	872	558	387	279	209
10	9,5	19,5	2,47	52,7	50	3 795	2 429	1 685	1 265	949	607	420	303	228
10	10	20,5	2,57	57	50	4 104	2 626	1 822	1 370	1 026	637	455	328	246
12	8	14,64	2,28	37,3	60	2 680	1 715	1 190	893	670	429	297	214	161
12	9	16,55	2,48	44,8	60	3 230	2 067	1 434	1 080	897	517	358	258	194
12	10	17,5	2,68	53,2	60	3 830	2 451	1 700	1 280	960	613	425	306	203
12	11	19,4	2,88	61,7	60	5 100	3 260	2 264	1 700	1 525	816	566	408	306
16	8	12,56	2,513	30,6	64	2 200	1 408	977	734	550	352	244	176	132

Het *Engelsche* gegolfde (gegalvaniseerde) plaatijzer heeft men in den handel met 10 golven van 3 Eng. duim breed en ongeveer ¾ Eng. duim diep in lengten van 1,52, 1,83, 2,13, 2,44, 2,75 en 3,05 M. De werkende breedte van alle platen is 76 cM; geheele breedte is 81 cM.

Nummer 20. dik 1 mM, wegende ± 9½ KG per M² gegolfd.
„ 22. „ $^8/_{10}$ „ „ ± 8 „ „ „ „
„ 24. „ $^6/_{10}$ „ „ ± 6½ „ „ „ „

De prijs van gegalv. gegolf plaatijzer was in de *normale* afmetingen (nr. 20 tot nr. 24):
op de binnenlandsche markt:

No. 20 . . . . . . f 15,50 per 100 KG.
„ 22/24 . . . . . . - 16,— „ 100 „

Gegalvaniseerde zacht stalen platen.

Vlakke platen Belgisch fabrikaat (Paul Borgnet, Flémalte-Haute).

Dikte Eng. dm en B.G.:	1/4″	3/16″	1/8″	nr. 12	13	14	15	16 B.G.
mM	6	4,7	3,1	2,5	2,25	2	1,75	1,6
Prijs per 100 KG frs.*) .	22,7	23	23,3	24	25,2	25,8	26,5	26,75
Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24
mM	1,4	1,25	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6
Prijs	27,1	27,4	29,3	29,9	31	31,7	33.6	34,1
Nr.	25	26	27	28 B.G.				
mM	0,56	0,5	0,44	0,4				
Prijs	38	41						

Vertinde staalplaten Engelsch fabrikaat kwaliteit best houtskool in afmetingen van 2 × 1 Meter:

Dikte mM.	2	1,5	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6
Nr. B. W. G..	14	16	18	20	21	22	23	24
Gewicht per plaat KG .	32	24	20	16	15	12,5	11,5	10

Verloode zacht stalen platen.

Belgisch fabrikaat (Paul Borgnet) afmeting 2 × 1 meter.

Dikte B.G.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
mM	3,1	2,8	2,5	2,25	2	1,75	1,6	1,4	1,25
Prijs per 100 KG frs.*) .	26	26,35			27		27,25	28,1	28,31

Dikte B.G.	19	20	21	22	23	24	25	26
mM	1,1	1	0,9	0.8	0,7	0,6	0,56	0,5
Prijs per 100 KG frs.*) .	30,15	31,3	31,9	32	32,8	33,85	34,15	36,15

Buckelplaten voor afdekking bij brugvloeren, enz.

Afmetingen 350 tot 1600 mM in het vierkant; breedte van den rand 30—200 mM; pijlhoogte 0,1 × de lengte. Voor trottoirs neemt men de platen 4 tot 6 mM dik en voor het rijvlak 5 tot 8 mM.

Plaatdikte in mM . .	2	2,5	3	4	5	6	7	8
Gewicht in KG/M² .	16,5	20,5	24,5	32,4	40,2	48	56	64
Draagvermogen bij gelijkmatige belasting in KG/M²	560	730	1 160	2 000	3 400	4 900	6 300	7 700
Prijs voor 100 KG in Mk vóór den oorlog .	28—31	28—31	28—31	—	—	—	—	—

---

*) Vóór den oorlog.

Diverse metalen staven en platen.

Koperen staven, bladen, enz.

Ronde rood koperen staven, lang 4 M, in dikten van 10 tot 75 mM verkrijgbaar
Courante maten:

Dikte in mM	10	13	16	19	23	26	29	32	35	38
Gewicht per M in KG.	0,693	1,172	1,775	2,503	3,668	4,687	5,831	7,100	8,493	10,012

Vierkant en vlak roodstaafkoper in doorsneden van 1 tot 100 mM^2 en lengte van circa 4 M.

Doorboord rond staafkoper (steunboutkoper) in den handel in doorsneden van 19 tot 50 mM met gat van ± 4 mM.

Rood koperen bladen.

Roodbladkoper heeft men in bladen van diverse afmetingen, in kwaliteit zacht, speciaal zacht om te forceeren, half hard en hard geplet.

Eenzijdig gepolijst roodbladkoper heeft men in bladen van 130 × 67 cM of andere afmetingen.

Gewicht van de bladen, lang 1,29 M, breed 1,03 M, per mM dikte 12 KG. Handelsafmetingen: kleinste gewicht 6 KG overeenkomende met 0,5 mM dikte. Dunnere maten op bestelling.

Langere bladen tot een breedte van 1 M op bestelling.

Het gewicht in den handel wordt berekend op 9 KG per M^2 en per mM dikte.

Roodkoperen vuurkistplaten.

Geel koperen staven, lang 4 M.

Geelkoper wordt geleverd in legeering van meer dan 65% koper (tombak) en vervaardigd in samenstelling: halftombak, geeltombak, middelroodtombak en roodtombak.

Dikte als die voor rood koper; de gewichten zijn evenwel 0,953 maal die van roodkoper. Geelkoperen staven voor boor- en draaiwerk hebben een lengte van 3 à 4 M en doorsneden van 2 tot 60 mM (rond, vierkant en zeskant).

Platte staven in zachte, halfharde en harde kwaliteit in rechte einden op diverse lengten. Geel bandkoper in lange einden op rollen in zachte, half harde en harde kwaliteit.

Geelkoperen bladen.

De afmetingen zijn gelijk aan die voor rood koper. De gewichten zijn evenwel met 0,956 te vermenigvuldigen; per mM dikte is het gewicht gemiddeld 8 KG per M^2. Courante maten zijn bladen van ca. 129 × 100 en 129 × 50 cM in dikten van 0,05 tot 10 mM.

Bladen voor stamp- en forceerwerk in lengten van 2 à 3 M en 50 à 80 cM breedte. Eenzijdig geschaafd en gepolijst geel koper in bladen van 130 × 67 cM.

Messingprofielen heeft men in verschillenden vorm: |_| profielen van 5 × 4 × 5 × 0,75 mM tot 25 × 26 × 25 × 2,50 mM.

Geelmetalen staven (Muntzmetaal) voor scheepsgebruik in lengte van ca. 4 M en doorsnede van 2 tot 60 mM rond.

Geelmetalenbladen (Muntzmetaal) voor scheepsbekleeding (60% koper en 40% zink) in afmetingen van ca. 1,30 × 1,04, 1,30 × 0,52, en 1,22 × 0,35 M. (Eng. maat.)

Zinken platen (bladzink).

Bladzink van de fabriek Vieille Montagne.

Nummer der bladen	Dikte in mM	Gewicht in KG van een blad van			Gewicht per M²
		0,64 × 2,25	0,81×2,25 M	1 × 2,25 M	
1	0,100	Nrs. 1 en 2 alleen op	—	—	0,700
2	0,143	speciale afmetingen.	—	—	1,000
3	0,186	—	2,369	2,925	1,300
4	0,228	—	2,916	3,600	1,600
5	0,250	—	3,189	3,937	1,750
6	0,30	3,02	3,027	4,725	2,10
7	0,35	3,53	4,465	5,512	2,45
8	0,40	4,04	5,103	6,300	2,80
9	0,45	4,53	5,740	7,087	3,15
10	0,50	5,04	6,378	7,875	3,50
11	0,58	5,85	7,399	9,135	4,06
12	0,66	6,65	8,419	10,395	4,62
13	0,74	7,46	9,44	11,655	5,18
14	0,82	8,27	10,461	12,915	5,74
15	0,95	9,58	12,119	14,962	6,65
16	1,08	10,89	13,778	17,010	7,56
17	1,21	12,20	15,436	19,057	8,47
18	1,34	13,51	17,095	21,105	9,38
19	1,47	14,82	18,753	23,125	10,29
20	1,60	16,13	20,412	25,200	11,20
21	1,78	17,94	22,708	28,035	12,46
22	1,96	19,76	25,	30,870	13,72
23	2,14	21,57	27,300	33,705	14,98
24	2,32	23,26	29,597	36,540	16,24
25	2,50	25,20	31,893	39,375	17,50
26	2,68	27,02	34,19	42,21	18,76

Platen, lang 3 M en breed 1 M zijn verkrijgbaar voor de nummers 12 en 14,

Nrs. 14—16 worden het meest gebruikt voor goten, afvoerbuizen, dakbedekkingen, enz.

Prijs vóór den oorlog f 0,41 per KG.

Bladzink voor scheepsbekleeding in afmetingen van 14″ × 48″ 24″ × 48″ en 16″ × 52″.

Zinken staven.

Van de fabriek Vieille Montagne in doorsneden van 5, 6, 6½ 7, 8, 9, 10, 11, 11½, 12, 12½, 13, 14, 16, 18, 19, 22, 24, 26, 37 mM en in fabriekslengten. Zij worden ook gepolijst geleverd.

Lood en pletlood.

Gegoten lood in rollen, lang 7,50 M, breed 1,60 M en 1,80 M.

Spreekt men van „ponds" lood, dan wordt daarmede bedoeld het gewicht in oude ponden per vierk. Rijnl. voet; 1 pondslood komt ongeveer overeen met 5 KG per M².

	5 ponds	6 ponds	7 ponds	8 ponds
Gemiddeld gewicht in KG per M²	25	30	35	40
Dikte in mM	2,20	2,64	3,08	3,52

Prijs van het lood vóór den oorlog f 0,19 à f 0,20 per KG.

Gewicht van plaatijzeren, koperen, messing, looden, zinken en gegoten ijzeren platen in KG per M².

Dikte in mM	Plaatijzer	Koper	Messing	Lood	Zink	Gegoten ijzer
1	7,788	8,788	8,508	11,335	6,861	7,25
2	15,576	17,576	17,016	22,670	13,722	14,50
3	23,364	26,364	25,524	34,005	20,583	21,75
4	31,152	35,152	34,032	45,340	27,444	29,00
5	38,940	43,940	42,540	56,675	34,305	36,25
6	46,728	52,728	51,048	68,010	41,166	43,50
7	54,516	61,516	59,556	79,345	48,027	50,75
8	62,304	70,304	68,064	90,680	54,888	58,00
9	70,092	79,092	76,272	102,015	61,749	65,25
10	77,880	87,880	85,080	113,350	68,610	72,50

Buizen, pijpen, enz.

Litteratuur.

F. F. M. Wirtz. De fabricage van gegoten ijzeren buizen in verband met de voorwaarden van levering voor Amsterdam en Rotterdam, Tijdschrift v. h. K. I. v. I. 1903—1904, bldz. 135.

„Die städtische Tiefbau" Die Wasserversorgung der Städte 2e Abt. Alfred Kröner Verlag Leipzig 1908.

Rapport in zake houten pijpleidingen door Ir. C. A. S. van Leeuwen. Batavia-Landsdrukkerij 1918.

E. Dolensky. Über eiserne Röhren.

Berekening der wandsterkte van buizen of pijpen.

Elementaire berekening.

Is D de binnenmiddellijn.

δ de wanddikte.

S de toe te laten spanning in het materiaal bij een dikte δ van den wand (op druk of trek).

p_u de uitwendige druk op de buis in KG/cM²

p_i de inwendige druk in KG/cM².

dan is, wanneer men van de elasticiteit van het materiaal en van de inwendige spanningsverdeeling afziet:

$$2\,\delta\,S = p_i\,D - p_u\,(D + 2\,\delta)$$

waaruit

$$\delta = \frac{D\,(p_i - p_u)}{2\,(S + p_u)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

De formule is toe te passen voor alle buizen, waarbij de wanddikte δ in verhouding tot de middellijn D klein is en voor drukkingen, welke niet grooter zijn dan $1/_3$ S, waarin S de toe te laten trekspanning in het materiaal. Men moet evenwel rekening houden met de elasticiteit van het materiaal, daar de binnenste mantel van de buis het meest belast wordt, terwijl de specifieke spanning ook beïnvloed wordt door het feit, of in de buisrichting krachten werkzaam zijn of niet. Is namelijk de axiale druk

$$p_u \frac{D^2}{4} = S\,\pi\,(D + \delta)\,\delta \quad \text{of benaderd} = S\,\pi\,D\,\delta$$

dan is de specifieke spanning in axiale richting

$$S = \frac{d\,D}{4\,\delta}$$

of

$$\delta = \frac{p\,D}{4\,S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

dus ongeveer de helft van de vorige.

Wordt de elasticiteit in rekening gebracht, dan is volgens *Bach* nauwkeuriger

$$\delta = 0{,}5\,D\left(\sqrt{\frac{S + 0{,}4\,p}{S - 1{,}3\,p}} - 1\right) \ldots\ldots \quad (3)$$

Deze formule moet worden toegepast bij kleinere buiswijdten, waarbij $\frac{\delta}{D} \geqq 0{,}2$ is en bij inwendige vloeistofspanningen, die meer dan 50 atm. bedragen.

In de hieronder volgende tabellen zijn de berekende wanddikten uit de Bach'sche formule (3) afgeleid. De toe te laten spanning, op ¼ à $1/_5$ van de trekvastheid van het materiaal aan te nemen, is daarbij voor

gegoten ijzeren buizen	200 KG/cM²		looden buizen	25 KG/cM²
smeed „ „	600 „		koperen buizen	500 „
stalen (Mannesmann) buizen	1000—1500 „		aluminium buizen	300 „
			tinnen buizen	60 „

Voor de berekening van gewapend beton buizen zie bij „*Gewapend Betonwerk*". Zij worden alleen toegepast bij beperkten druk (veelal niet meer dan 2 atm.); hoogere druk maakt deze buizen kostbaar

Gegoten ijzeren buizen.

De buizen worden algemeen staande gegoten; zoowel met de mof naar boven als naar beneden kunnen gezonde buizen worden vervaardigd. Wil men verzekerd zijn goed gezond ijzer te hebben, dan moet de gietkop aan het gietstuk sluiten met een dikte, welke minstens gelijk is aan de wanddikte van den bovenkant van het gietstuk, zoodat de gietkop moet worden afgedraaid.

De Duitsche buizen worden gegoten van gieterij-ruwijzer, dat gemiddeld 0,60—0,70% phosphor en 2—3% silicium bevat. Voor een bedrijfsdruk tot 10 en een proefdruk tot 20 atm. heeft men in Duitschland in 1882 voor mof- en flensbuizen normen vastgesteld (van den „Verein der Gas- und Wasserfachmänner en van den „Verein" deutscher Ingenieure), volgens de ondervolgende tabellen.

De normale mof- en flensbuizen worden aan de fabriek in het algemeen op 20 atmosferen beproefd en zijn berekend voor een bedrijfsdruk van 10 atmosferen. De buitenmiddellijn der buizen is een vaste maat; veranderingen in wandsterkte zijn alleen van invloed op de binnenmiddellijn.

De wanddikten worden in normale gevallen berekend uit

$$\delta = \frac{D}{60} + 7 \text{ mM voor } \textit{staande} \text{ gegoten buizen.}$$

$$\delta = \frac{D}{50} + 9 \text{ mM voor } \textit{liggend} \quad ,, \quad ,,$$

Overigens kan de Bach'sche formule (3) worden toegepast, maar volgens *Bach* met een toeslag van 7 mM.

Afwijkingen van in maximum 3% der in de tabellen opgegeven gewichten zijn toegelaten; in de tabellen is het soortelijk gewicht van het gietijzer op 7,25 aangenomen. Bij de berekening der gewichten van de hulpstukken moeten de gewichten, welke uit de normale buizen volgen, vermeerderd worden met 15% en voor de bochten met 20%. De in de tabellen voorkomende gewichten der normale hulpstukken zijn grootendeels gemiddelden; afwijkingen tot 10% kunnen daarbij voorkomen,

Mofbuizen.

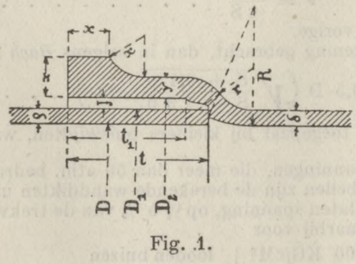
Duitsche mofbuizen volgens de normaaltabel van den „Verein deutscher Ingenieure" en van den „Verein der Gas- und Wasser-Fachmänner":

De normale wandsterkten gelden voor een bedrijfsdruk van 10 atmosfeer en een proefdruk van maximum 20 atmosferen. Voor drukkingen van 4—7 atmosfeer kan de wanddikte minder zijn.

De 500—1200 mM wijde buizen kunnen ook in 5 Meter lengte geleverd worden,

De prijzen der normale gegoten ijzeren geasphalteerde rechte buizen van 100 mM en daarboven zijn in doorsnee f 6.— à f 6,50 per 100 KG franco station, die voor buizen van 80 mM en daaronder zijn hooger.

Normale Duitsche mofvorm (fig. 1).



$x = 7 + 2\delta$
$y = 1,4\,\delta$

Fig. 1.

Normale Duitsche mofbuizen.

Binnenmiddellijn der buis D	Normale wanddikte δ	Buitenmiddellijn van de buis D_1	Wijdte van den dichtingsring f	Binnenwerksche mofwijdte D_2	Binnenwerksche mofdiepte t	Dichtingsdiepte t_1	Gebruikelijke werkende lengte van de buis	Gewicht van de buis zonder mof per Meter	Gewicht van de mof	Gewicht van de buis van de aangegeven lengte met mof	Gewicht van de buis met aangegeven lengte per Meter	Gewicht van de looddichting
mM	mM	mM	mM	mM	mM	mM	M	KG	KG	KG	KG	KG
40	8	56	7	70	74	62	3	8,75	2,68	28,93	9,64	0,51
50	8	66	7,5	81	77	65	3	10,57	3,14	34,85	11,62	0,69
60	8,5	77	7,5	92	80	67	3	13,26	3,89	43,67	14,56	0,73
65	8,5	82	7,5	97	81	68	3	14,23	4,12	46,81	15,60	0,84
70	8,5	87	7,5	102	82	69	3,5	15,20	4,35	57,55	16,44	0,94
75	8,5	92	7,5	107	83	70	3,5	16,17	4,72	61,32	17,52	0,99
80	9	98	7,5	113	84	70	3,5	18,24	5,09	68,93	19,69	1,05
90	9	108	7,5	123	86	72	3,5	20,29	5,70	76,72	21,92	1,15
100	9	118	7,5	133	88	74	3,5	22,34	6,20	84,39	24,11	1,35
125	9,5	144	7,5	159	91	77	4	29,10	7,64	124,04	31,01	1,70
150	10	170	7,5	185	94	79	4	36,44	9,89	155,65	38,91	2,14
175	10,5	196	7,5	211	97	81	4	44,36	12,00	189,44	47,36	2,46
200	11	222	8	238	100	83	4	52,86	14,41	225,85	56,46	2,97
225	11,5	248	8	264	100	83	4	61,95	16,89	264,69	66,17	3,67
250	12	274	8,5	291	103	84	4	71,61	19,61	306,05	76,51	4,30
275	12,5	300	8,5	317	103	84	4	81,85	22,51	349,91	87,48	4,69
300	13	326	8,5	343	105	85	4	92,68	25,78	396,50	99,13	5,09
325	13,5	352	8,5	369	105	85	4	104,08	28,83	445,15	111,29	5,16
350	14	378	8,5	395	107	86	4	116,07	32,23	496,51	124,13	5,53
375	14	403	9	421	107	86	4	124,04	34,27	530,43	132,61	6,64
400	14,5	429	9,5	448	110	88	4	136,89	39,15	586,71	146,68	7,46
425	14,5	454	9,5	473	110	88	4	145,15	41,26	621,82	155,46	7,89
450	15	480	9,5	499	112	89	4	158,87	44,90	680,38	170,10	8,33
475	15,5	506	9,5	525	112	89	4	173,17	48,97	741,65	185,41	8,77
500	16	532	10	552	115	91	4	188,04	54,48	806,64	201,66	10,1
550	16,5	583	10	603	117	92	4	212,90	62,34	913,94	228,49	11,7
600	17	634	10,5	655	120	94	4	238,90	71,15	1026,75	256,69	13,3
650	18	686	10,5	707	122	95	4	273,86	83,10	1178,54	294,64	14,4
700	19	738	11	760	125	96	4	311,15	98,04	1342,64	335,66	15,5
750	20	790	11	812	127	97	4	350,76	111,29	1514,33	378,58	17,4
800	21	842	12	866	130	98	4	392,69	129,27	1700,03	425,01	20,2
900	22,5	945	12,5	970	135	101	4 *	472,76	160,17	2051,21	512,80	24,7
1000	24	1048	13	1074	140	104	4 *	559,76	195,99	2435,03	608,76	29,2
1100	26	1152	13	1178	145	106	4 *	666,81	243,76	2911,00	727,75	34,0
1200	28	1256	13	1282	150	108	4 *	783,35	294,50	3427,10	856,78	39,0
1500	30						4 *				1140,0	

*) Ook in lengte van 5 M vervaardigd.

Gegoten ijzeren A-stukken.

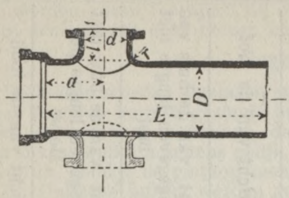


Fig. 2.

$a = 100 + 0{,}2\ D + 0{,}5\ d\ mM$

$l = 120 + \frac{d}{10}\ r = 40 + \frac{d}{20}\ mM$

D mM	d mM	L M
40—100	40—100	0,8
125—325	40—325	1
350—500	40—300	1
350—500	325—500	1,25
550—750	40—250	1
550—750	275—500	1,25
550—750	550—750	1,5

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	14								
50	19								
60	22								
65	25								
70	27								
75	29								
80	30	30							
90	33	32							
100	37	35	37						
125	54	49	51						
150	68	59	63	68					
175	88	79	81	84					
200	97	88	90	91	97				
225	106	95	97	100	104				
250	125	111	113	116	121				
275	144	126	128	131	136				
300	162	146	148	152	155	162			
325	195	160	163	167	170	180			
350	241	174	178	182	187	199			
375	270	192	195	199	203	216			
400	299	210	212	216	222	234	299		
425	320	225	228	232	238	250	318		
450	348	240	243	248	255	268	340		
475	380	262	265	270	278	290	364		
500	414	284	288	293	300	312	388	414	
550	562	327	330	337	346	426	452	481	
600	630	367	370	377	386	473	500	528	630

AA-*stukken*.

(Dubbele spruitstukken).

Zie figuur 2.

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	17								
50	23								
60	26								
65	29								
70	32								
75	34								
80	36	36							
90	40	38							
100	45	42	45						
125	64	55	59						
150	80	65	71	80					
175	103	82	89	97					
200	115	95	99	105	115				
225	126	102	106	114	122				
250	148	118	122	130	139				
275	170	133	137	145	154				
300	191	154	158	167	174	191			
325	230	168	173	182	189	209			
350	280	182	188	197	206	228			
375	314	200	205	214	222	245			
400	346	219	223	232	242	264	346		
425	370	234	239	248	258	280	368		
450	404	249	254	264	275	298	388		
475	440	271	276	286	298	320	412		
500	480	294	300	310	320	342	438	480	
550	684	337	343	358	375	473	527	583	
600	767	377	383	397	415	520	574	630	767

B-*stukken.*

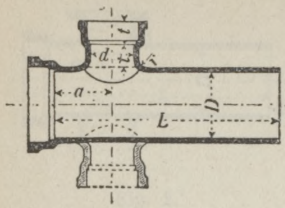


Fig. 3.

$a = 100 + 0{,}2D + 0{,}5\,d$ mM
t = diepte sok.
$r = 40 + \frac{d}{20}$ mM

D	d	L
mM	mM	M
40—100	40—100	0,8
125—325	40—325	1
350—500	40—500	1
350—500	325—500	1,25
550—750	40—250	1
550—750	275—500	1,25
550—750	550—750	1,5

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	14								
50	19								
60	22								
65	25								
70	27								
75	29								
80	31	31							
90	34	33							
100	38	36	38						
125	55	50	52						
150	70	60	64	70					
175	90	80	82	86					
200	100	89	91	94	100				
225	110	96	98	102	107				
250	130	112	114	118	124				
275	150	127	129	133	139				
300	170	147	149	154	158	170			
325	200	161	164	169	173	188			
350	250	175	179	184	190	207			
375	278	193	196	201	206	224			
400	310	211	213	218	225	242	310		
425	325	227	230	234	240	258	330		
450	354	246	249	254	260	276	346		
475	387	268	272	277	285	297	370		
500	416	287	290	295	301	320	396	416	
550	582	328	331	340	350	437	468	503	
600	658	368	371	380	390	485	516	551	658

BB-*stukken*.
(Dubbele spruitstukken).
Zie figuur 3.

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	17								
50	23								
60	26								
65	29								
70	32								
75	35								
80	37	34							
90	41	40							
100	46	43	46						
125	67	57	60						
150	83	67	73	82					
175	107	87	90	99					
200	120	97	100	108	120				
225	142	104	107	116	127				
250	157	120	123	132	144				
275	178	135	138	147	159				
300	205	156	159	169	179	205			
325	239	170	174	184	194	223			
350	294	184	189	199	211	242			
375	329	202	206	216	227	259			
400	364	221	224	234	247	278	364		
425	382	237	241	250	262	294	384		
450	416	256	264	270	282	312	400		
475	455	278	283	293	307	333	424		
500	485	298	302	312	324	357	451	485	
550	725	340	345	363	383	497	558	629	
600	822	380	385	402	423	544	606	676	822

C-*stukken.*

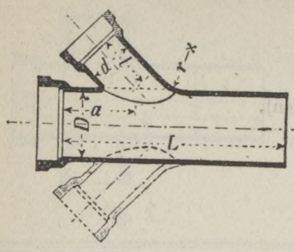


Fig. 4.

$a = 80 + 0{,}1\ D + 0{,}7\ d$ mM
$r = d$
$l = 0{,}75\ a$

D	a	L
mM	mM	M
40—100	40—100	0,8
125—275	40—275	1
300—425	40—250	1
300—425	275—425	1,25
450—600	40—250	1
450—600	275—425	1,25
450—600	450—600	1,5
600—750	40—250	1
600—750	275—425	1,25
600—750	450—600	1,5
600—750	650—750	1,75

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	16								
50	21								
60	25								
65	28								
70	31								
75	34								
80	37	37							
90	40	39							
100	48	42	48						
125	65	57	60						
150	82	69	72	82					
175	106	88	91	101					
200	119	95	98	108	119				
225	132	102	105	115	126				
250	152	115	118	128	139				
275	178	138	136	146	157				
300	229	149	152	162	173	229			
325	245	164	167	177	188	245			
350	282	179	182	192	203	261			
375	310	199	202	212	223	281			
400	354	218	221	231	242	309			
425	371	229	232	243	256	330			
450	457	250	253	263	276	355			
475	500	270	273	284	297	380			
500	550	294	297	307	320	410			

CC-*stukken.*
(Dubbele spruitstukken).
Zie figuur 4.

D mM	Gewicht in KG voor								
	d = D	d = 80	d = 100	d = 150	d = 200	d = 300	d = 400	d = 500	d = 600
40	19								
50	25								
60	30								
65	34								
70	37								
75	41								
80	44	44							
90	48	46							
100	57	50	57						
125	77	65	72						
150	97	77	84	97					
175	125	96	103	116					
200	143	104	111	124	143				
225	162	111	118	131	150				
250	186	124	131	144	163				
275	219	142	149	162	181				
300	267	159	166	179	199	267			
325	300	174	181	194	214	283			
350	345	189	196	209	229	299			
375	394	209	216	229	249	319			
400	434	229	236	249	270	349			
425	476	244	250	271	297	390			
450	544	264	270	291	317	415			
475	630	285	291	312	338	440			
500	696	308	314	336	362	470			

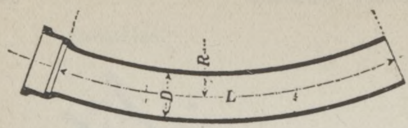


Fig. 5.

K-*stukken*.
(Normale Sokbochten).
(Middelpuntshoek = a).

D mM	R	a = 45°		a = 30°		a = 22½°		a = 15°	
		L	KG	L	KG	L	KG	L	KG
40	400	314	7	210	6				
50	500	392	9	262	7				
60	600	471	13	314	9				
65	650	510	14						
70	700	550	16	366	13				
75	750	589	18						
80	800	628	21	419	16	314	14		
90	900	707	25	471	18	353	16		
100	1 000	785	30	524	22	392	18		
125	1 250	981	45	655	33	491	28		
150	1 500	1 178	66	785	48	589	39		
175	1 750	1 374	94	916	66	687	53		
200	1 500	1 178	96	—	—	—	—		
200	2 000	—	—	1 047	87	785	70		
225	1 500	1 178	112	—	—	—	—		
225	2 250	—	—	1 178	112	833	90		
250	1 500	1 178	115	—	—	—	—	—	—
250	2 500		—	1 310	142	981	113	635	83
275	1 500	1 178	150	—	—	—	—	—	—
275	2 000		—	1 047	135	—	—		
275	2 750			1 440	176	1 080	140		
300	1 500	1 178	170	800	125				
300	2 500					981	146		
300	3 000			1 571	215	1 178	170	785	123
325	1 625	1 276	202						
325	2 500			1 310	207				
325	3 250					1 276	202		
325	5 000							1 310	207
350	1 750	1 374	240	916	173	687	140		
350	3 500					1 374	240	916	173
375	3 750					1 473	272		
400	2 000	1 570	320	1 047	230				
400	3 000					1 178	250		
400	4 000							1 047	230
425	2 000			1 047	240				
450	2 250			1 178	290				
450	4 500					1 767	407	1 178	290
475	4 750								
500	2 500			1 310	376				
500	3 000					1 178	340		
500	5 000			—	—	—	—	1 310	376
550	2.000			1 047	360	—	—	—	—
550	5 000			—	—	1 936	600	—	—
550	5 500			—	—	—	—	1 440	460
600	1 685	1 500	540	—	—	—	—	—	—
600	2 613	—	—	1 550	552	—	—	—	—
600	6 000	—	—	—	—	—	—	1 570	560
650	3 250	—	—	—	—	1 276	540	—	—
700	2 000			1 047	530	—	—		
700	3 500			—	—	1 500	690		
750	3 750			1 963	1 000	—	—		

K-*stukken.* (90°)

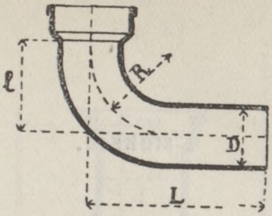


Fig. 6.

D mM	L	l	R	KG	D mM	L	l	R	Kg
40	250	150	75	7	200	700	630	530	87
40	400	250	250	9	225	625	325	275	84
50	300	150	75	9	250	650	350	300	105
50	400	250	250	11	250	850	400	350	110
60	400	175	100	12	275	700	375	325	122
60	320	250	250	12	300	750	400	350	142
65	400	280	250	15	325	750	400	350	159
70	400	200	100	16	350	750	430	350	178
75	435	200	100	18	375	750	450	350	197
80	470	200	100	20	375	750	475	400	198
80	384	300	300	18	400	800	500	400	220
90	470	200	110	24	425	800	500	400	246
100	470	200	118	28	450	850	550	450	284
100	588	500	500	30	475	850	550	450	310
100	388	300	300	25	500	900	600	500	355
125	391	300	300	30	550				
125	470	235	155	34	600	900	700	700	540
150	394	300	300	36	650				
150	470	235	180	42	700				
175	500	250	225	55	750				
200	600	300	250	70	800				

I stukken.

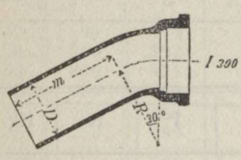


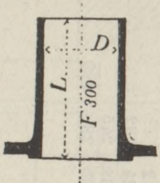
Fig. 7.

Men heeft ze voor 30, 45, en 67, ° middelpuntshoek.

Boogstukken van 30° (fig. 7).

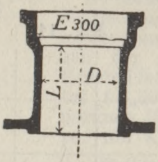
D	R	m	L	KG	D	R	m	L	KG
40	250	240	370	7,0	275	425	475	679	95
50	250	250	380	8,5	300	450	500	735	113
60	250	260	390	10,5	325	475	525	773	131
70	250	270	400	12,5	350	500	550	811	152
80	250	280	410	15	375	525	575	850	168
90	250	290	420	17	400	550	600	887	193
100	250	300	430	19	425	575	600	900	205
125	275	325	468	25,5	450	600	600	914	228
150	300	350	506	34	475	625	600	926	251
175	325	375	544	43	500	650	600	939	278
200	350	400	583	54	550	700	600	966	322
225	375	425	621	66,5	600	750	600	992	370
250	400	450	660	80	650	800	600	1018	435
					700	850	600	1044	508
	Boogstukken van 45°					*Boogstukken* van 67½°.			
40	100	250	380	5,0	40	100	250	390	5,0
50	115	250	395	8,5	50	115	250	395	8,5
60	125	250	395	10,5	60	125	250	395	10,5
70	125	250	395	12,—	70	125	250	395	12
80	135	265	410	15,—	80	135	265	410	14,5
90	150	275	430	17,—	90	150	275	430	16,5
100	150	285	450	19,—	100	150	285	450	18,5
125	175	325	500	26,—	125	175	325	500	25,5
150	200	350	550	35,5	150	200	350	550	34,5
175	230	450	700	51,—	175	230	450	700	50
200	250	525	825	68,—	200	250	525	825	67

F
Fig. 8.



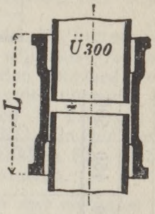
L = 300 mM

E
Fig. 9.



L=600 voor D= 40—475
„=800 „ „=500—740

U-*stukken.*
Fig. 10.



L = 4 mofdiepten.

D mM	KG	D mM	KG	D mM	KG
40	9	40	8	40	7
50	11	50	10	50	8
60	13	60	12	60	10
65	14	65	13	65	11
70	15	70	14	70	12
75	16	75	15	75	13
80	17	80	16	80	14
90	19	90	18	90	17
100	21	100	20	100	19
125	26	125	26	125	24
150	32	150	32	150	31
175	39	175	40	175	38
200	47	200	48	200	45
225	55	225	56	225	53
250	62	250	63	250	62
275	70	275	71	275	71
300	78	300	80	300	82
325	85	325	90	325	91
350	95	350	100	350	103
375	104	375	110	375	114
400	116	400	120	400	125
425	126	425	130	425	135
450	138	450	140	450	146
475	152	475	150	475	157
500	167	500	212	500	175
550	196	550	246	550	200
600	218	600	272	600	230
650	248	650	310	650	268
700	285	700	340	700	315
750	318	750	392	750	358

D mM	Gewicht in KG bij *d* in mM =																		
	40	50	60	65	70	75	80	90	100	125	150	175	200	150	300	350	400	450	500
50	13																		
60		16																	
65		18	19																
70		19	20	21															
75		20	21	22	23														
80		21	22	23	24	26													
90		23	25	26	27	28	28												
100		24	26	28	30	31	32	34											
125		27	29	31	32	34	35	37	40										
150		34	35	37	38	39	40	43	45	50									
175		41	43	44	45	46	47	49	51	56	62								
200			49	51	52	53	54	56	58	63	69	71							
225				57	58	60	61	62	64	69	75	80	82						
250					66	67	68	70	72	77	82	88	90						
275						75	76	77	79	84	90	96	102	105					
300							82	84	86	91	97	103	110	124					
325								94	96	100	106	112	119	134	137				
350									103	108	114	120	127	141	150				
375										118	124	130	136	148	162	167			
400											130	136	142	157	172	176			
425												145	154	166	184	190	198		
450													166	178	194	204	212		
475														190	204	218	224	232	
500															215	232	238	245	
550																260	270	280	290
600																			
650																			
700																			
750																			

R Stukken.

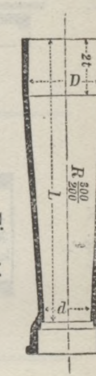


Fig. 11.

Bouwlengte $L = 1$ m

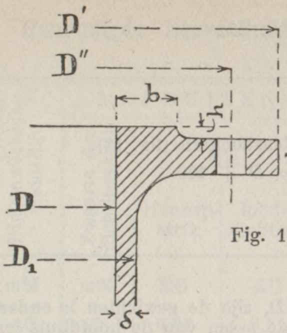


Fig. 12.

Flensbuizen.

Duitsche flensbuizen volgens de normaaltabel van den „Verein deutscher Ingenieure" en den „Verein der Gas- und Wasser-Fachmänner":

De buizen, wijd 175 mM³, kunnen ook ter lengte van 4 M, die, wijd 500—750 mM, ter lengte van 5 M worden geleverd. De prijzen der geasphalteerde normale rechte flensbuizen bedroegen in doorsnee f 7,— tot f 7,50 per 100 KG, die der bewerkte normale flens-vormstukken f 8,— tot f 9,— per 100 KG franco station.

Rechte flensbuizen met normalen Duitschen flensvorm (fig. 12).

Binnenmiddellijn der buis D	Normale wanddikte δ	Buitenmiddellijn der buis D_1	Flens middellijn D'	Flens dikte d	Pasrand breedte b	Pasrand hoogte h	Middellijn van den gatkrans D''	Schroefbouten aantal	Schroefbouten dikte s	Schroefbouten dikte s	Schroefbouten lengte l	Middellijn der boutgaten s'	Normale nuttige lengte der buis	Gewicht per Meter buis zonder flenzen	Gewicht eener flens met aanloop	Gewicht van de buis	Gewicht per Meter buis, de flenzen medegerekend.
mM	mM	mM	mM	mM	mM	mM	mM		mM	"	mM	mM	M	KG	KG	KG	KG
40	8	56	140	18	25	3	110	4	13	1/2	70	15	3	8,75	1,89	30,03	10,01
50	8	66	160	18	25	3	125	4	15,5	5/8	75	17	3	10,57	2,41	36,53	12,18
60	8,5	77	175	19	25	3	135	4	15,5	5/8	75	17	3	13,26	2,96	45,70	15,23
70	8,5	87	185	19	25	3	145	4	15,5	5/8	75	17	3	15,20	3,21	52,02	17,34
80	9	98	200	20	25	3	160	4	15,5	5/8	75	17	3	18,24	3,84	62,40	20,80
90	9	108	215	20	25	3	170	4	15,5	5/8	75	17	3	20,29	4,37	69,61	23,20
100	9	118	230	20	28	3	180	4	19	3/4	85	21	3	22,34	4,96	76,94	25,65
125	9,5	144	260	21	28	3	210	4	19	3/4	85	21	3	29,10	6,26	99,82	33,27
150	10	170	290	22	28	3	240	6	19	3/4	85	21	3	36,44	7,69	124,70	41,57
175	10,5	196	320	22	30	3	270	6	19	3/4	85	21	3	44,36	8,96	151,00	50,33
200	11	222	350	23	30	3	300	6	19	3/4	85	21	4	52,86	10,71	232,86	58,22
225	11,5	248	370	23	30	3	320	6	19	3/4	85	21	4	61,95	11,02	269,84	67,46
250	12	274	400	24	30	3	350	8	19	3/4	100	21	4	71,61	12,98	312,40	78,10
275	12,5	300	425	25	30	3	375	8	19	3/4	100	21	4	81,85	14,41	356,22	89,06
300	13	326	450	25	30	3	400	8	19	3/4	100	21	4	92,68	15,32	401,36	100,34
325	13,5	352	490	26	35	4	435	10	22,5	7/8	105	25	4	104,08	19,48	455,28	113,82
350	14	378	520	26	35	4	465	10	22,5	7/8	105	25	4	116,07	21,29	506,86	126,72
375	14	403	550	27	35	4	495	10	22,5	7/8	105	25	4	124,04	24,29	544,74	136,19
400	14,5	429	575	27	35	4	520	10	22,5	7/8	105	25	4	136,89	25,44	598,44	149,61
425	14,5	454	600	28	35	4	545	12	22,5	7/8	105	25	4	145,15	27,64	635,88	158,97
450	15	480	630	28	35	4	570	12	22,5	7/8	105	25	4	158,87	29,89	695,26	173,82
475	15,5	506	655	29	40	4	600	12	22,5	7/8	105	25	4	173,17	32,41	757,50	189,38
500	16	532	680	30	40	4	625	12	22,5	7/8	105	25	4	188,04	34,69	821,54	205,39
550	16,5	583	740	33	40	5	675	14	26	1	120	28,5	4	212,90	44,28	940,16	235,04
600	17	634	790	33	40	5	725	16	26	1	120	28,5	4	238,90	47,41	1 050,42	262,61
650	18	686	840	33	40	5	775	18	26	1	120	28,5	4	273,86	50,13	1 195,70	298,93
700	18	738	900	33	40	5	830	18	26	1	120	28,5	4	311,15	56,50	1 357,60	339,40
750	20	790	950	33	40	5	880	20	26	1	120	28,5	4	350,76	59,81	1 522,66	380,67
800	21	842	1 020	36	45	5	940	20				32	4			1 647,53	
900	22,5	945	1 120	36	45	5	1040	22				32	4 en 5			2 059,40 en 2 532,16	
1000	24	1 048	1 220	36	45	5	1 140	24				32	4 en 5			2 422,18 en 2 981,94	
1100	26	1 152	1 320	40	45	5	1 250	26				32	4 en 5			2 882,84 en 3 549,65	
1200	28	1 256	1 428	40	45	5	1 355	28				32	4 en 5			3 372,22 en 4 155,37	
1500	30	1 560	1 725	43	50	5	1 650	34				35	4 en 5			4 481,40 en 5 525,90	

Flens-vormstukken.

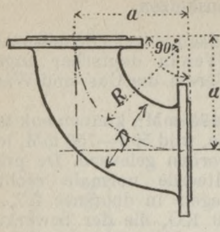


Fig. 13.

Normale flensbochten (fig. 13).

$$a = D + 100$$

Voor normale T en kruisstukken, waarbij $d = D$, zijn de gewichten in onderstaande tabel gegeven. In het vlak, dat door de assen van de hoofdbuis en spruit gaat, bevinden zich in den regel geen boutgaten.

T-stukken.

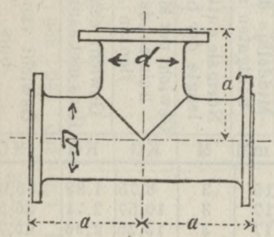


Fig. 14.

Kruisstukken.

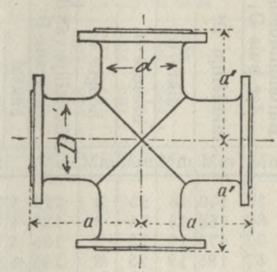


Fig. 15.

$$a^1 = \frac{D}{2} + \frac{d}{2} + 100$$

Inw. middellijn	Flens-deksel	Flens-bocht	T-stuk	Kruis-stuk	Inw. middellijn	Flens-deksel	Flens-bocht	T-stuk	Kruis-stuk.
D mM	KG	KG	KG	KG	D mM	KG	KG	KG	KG
40	2,5	7	10	13	300	33	110	165	205
50	3	8	13	17	325	39	130	190	255
60	3,5	10	15	20	350	45	150	220	295
70	4	13	19	25	375	50	175	255	340
80	4,5	15	21	28	400	54	200	290	390
90	5	18	25	33	425	60	226	328	436
100	6	20	29	39	450	66	255	370	490
125	8	26	40	53	475	70			
150	10	35	52	69	500	77			
175	13	45	64	85	550	100			
200	17	55	76	102	600	115			
225	21	65	88	117	650	130			
250	25	80	110	147	700	148			
275	29	95	135	180	750	166			

Benoodigde hoeveelheid dichtingsstof voor normale mof- en flensbuizen.

Binnenwerksche middellijn	MOFBUIZEN			FLENSBUIZEN					
	Zwaarte der dichtingsvoeg	Gewicht in KG		Doorsnede schroefgat	Schroeven			Gewicht	
		Hennep-strik	lood-dichting		aantal	dikte	lengte	lood-ring	gummi ring
mM	mM	KG	KG	mM		mM	mM	KG	KG
40	7	0,06	0,51	15	4	13	70	0,35	0,033
50	7,5	0,07	0,70	17	4	15,5	75	0,40	0,038
60	7,5	0,08	0,73	17	4	15,5	75	0,46	0,045
80	7,5	0,10	1,05	21	4	15,5	75	0,56	0,57
100	7,5	0,14	1,35	21	4	19	85	0,77	0,07
125	7,5	0,17	1,70	21	4	19	85	0,92	0,076
150	7,5	0,22	2,15	21	6	19	85	1,10	0,08
175	7,5	0,25	2,46	21	6	19	85	1,32	0,11
200	8	0,30	3,00	21	6	19	85	1,48	0,14
225	8	0,37	3,70	21	6	19	85	1,64	0,15
250	8,5	0,44	4,40	21	8	19	100	1,80	0,16
275	8,5	0,47	4,70	21	8	19	100	1,96	0,18
300	8,5	0,51	5,10	21	8	19	100	2,12	0,20
350	8,5	0,55	5,53	25	10	22,5	105	2,88	0,29
400	9,5	0,75	7,46	25	10	22,5	105	3,26	0,32
450	9,5	0,83	8,33	25	12	22,5	105	3,63	0,38
500	10	1,00	10,10	25	12	22,5	105	4,62	0,45
550	10	1,17	11,70	28,5	14	26	120	5,05	0,49
600	10,5	1,33	13,30	28,5	16	26	120	5,50	0,54
650	10,5	1,42	14,18	28,5	18	26	120	5,91	0,58
700	11	1,63	16,27	28,5	18	26	120	6,33	0,63
750	11	1,85	18,54	28,5	20	26	120	6,75	0,68
800	12	2,10	20,80						
900	12,5	2,60	26,—						
1000	13	3,20	32,—						
1100	13	4,10	41,—						
1200	13	4,60	45,—						

In de praktijk voor lood- en hennepverbruik wegens verliezen 10% meer te rekenen; voor lood- en gummiringen 5% meer.

Getrokken ijzeren buizen.

Deze zijn te onderscheiden in buizen *met* en *zonder* naad.

Buizen met naad:
1. stuik- of stompgelaschte buizen.
2. met overlap gewelde buizen.
3. gelaschte binnenvuurgangen voor ketels (systeem Morison, Fox en Purve).

Buizen zonder naad:
1. volgens methode Muntz.
2. „ „ Ehrhardt.
3. „ „ Mannesmann.

De buizen zijn meerendeels van zacht basisch Siemens Martin vloei- of smeltijzer.

Pijpen, met overlap geweld.

Deze pijpen worden gebruikt voor vlampijpen en worden ook voor vele andere doeleinden toegepast. In den regel wordt de *uitwendige* middellijn aangegeven in Engel-

sche duimen en de dikte volgens den draadmeter, (*Legal Standard Gauge*).

De normale dikte is in onderstaande tabel aangegeven. Men kan, liefst met behoud van de *uitwendige* middellijn, de dikte grooter bestellen.

Uitwendige pijpmiddellijn		Normale dikte		Inwendige pijp-middellijn	Gewicht per Meter
Engelsche duim	mM	L.S.G.	mM	mM	KG
1½	38,1	13	2,34	33,4	1,97
1⅝	41,3	13	2,34	36,6	2,17
1¾	44,4	13	2,34	39,8	2,32
1⅞	47,6	13	2,34	42,9	2,49
2	50,8	12	2,64	45,5	2,97
2⅛	54,0	12	2,64	48,7	3,15
2¼	57,1	12	2,64	51,9	3,65
2⅜	60,3	11	2,95	54,4	4,20
2½	63,5	11	2,95	57,6	4,45
2¾	69,8	11	2,95	63,9	4,90
3	76 2	11	2,95	70,3	5,35
3¼	82,5	10	3,25	76,0	6,35
3½	88,9	10	3,25	82,4	6,78
3¾	95,2	10	3,25	88,7	7 30
4	101,6	9	3,66	94,3	9,01
4¼	107,9	9	3,66	100,6	9,56
4½	114,3	9	3,66	107,0	10,10
4¾	120,6	8	4,06	112,5	11,46
5	127,0	8	4,06	118,9	12,03
5¼	133,3	8	4,06	125,2	12,65
5½	139,7	7	4,47	130,8	14,90
5¾	146,0	7	4,47	137,1	15,56
6	152,4	7	4,47	143,5	16,22

Gaspijpen.

Normale lengte der pijpen tusschen 4 en 5 meter; verbindingsstukken en kortstukken in alle lengten.

De buitenmiddellijn is de eenige onafhankelijke maat van de pijp; verschillende wandsterkten worden verkregen ten koste van de inwendige middellijn. De aanduiding dezer binnenwerksche middellijn geschiedt veelal in Eng. duim en is dus slechts als aanduiding van de soort van pijp te beschouwen.

De schroefdraadvorm is die van Whitworth, het aantal gangen per Eng. duim bedraagt volgens de voorschriften van den Verein deutscher Ingenieure van 1903:

voor buizen tot en met ⅜″ 19 gangen per 1″
van ½″ tot en met ¾″ 14 „ „ „
van 1″ en hooger 11 „ „ „

Gewicht van getrokken ijzeren gaspijpen per M lengte.

Inw. middellijn (handelsmaat)		Uitw. middellijn in mM	Gewicht KG	Inw. middellijn		Uitw. middellijn in mM	Gewicht KG
Eng. duim	mM			Eng. duim	mM		
⅛	3,1	—	0,40	1½	38,1	48	4,56
¼	6,3	13	0,59	2	50,8	59	5,79
⅜	9,5	16,5	0,86	2½	63,5	76	7,98
½	12 7	20,5	1,22	3	76,2	89	9,49
¾	19,0	26,5	1,89	4	101,6	114	12,41
1	25,4	33	2,52	5	127,0	—	16,—
1¼	31,7	42	3,68	6	152,4	—	20,—

Fittings voor getrokken ijzeren pijpen.

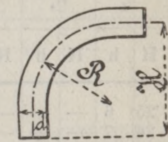
De fittings heeft men van gesmeed ijzer, gegoten van smeedbaar ijzer (zg. B. S. I. G. fittings) en van „weichgusz" of smeedbaar gietijzer der Eisen und Stahlwerke vorm. Georg Fischer te Singen (Baden), Merk + G. F. +.

De fittings worden zwart of gegalvaniseerd geleverd.

Afmetingen van de meest gebezigde gesmeed ijzeren fittings:



Groote bochten.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
H	60	72	80	100	115	150	160	200	260	275	365
R	25	25[illegible]	35	50	65	100	100	125	150	175	250
d	13 ½	16 ½	20	26	33	42	48	60	76	89	117



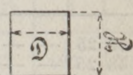
Patent bochten.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
H	24	26	31	34	38	45	50	60	80	90	114



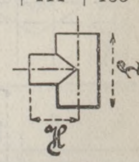
Sockets.



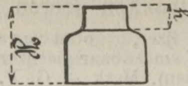
Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
H	23	28	32	39	42	50	55	60	75	87	92
D	19	22	27	33	41	50	56	69	87	111	133



Gelijke T-stukken.

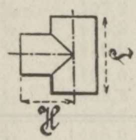


Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4
L	40	50	55	66	80	90	105	125	162	200	250
H	21[illegible]	27	28	35	41	48	51	64	82	90	120

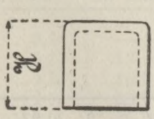
Verloop Sockets.

Eng. dm.	¼		3/8		½		¾		1		1¼		1½		2		2½		3		4	
	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h	H	h
¼	25	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	26	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
½	30	10	34	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
¾	43	12	40	10	40	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	49	14	48	13	46	13	44	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1¼	56	18	56	13	55	13	50	13	53	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1½	57	15	62	15	65	13	60	13	60	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	72	16	68	15	70	15	65	15	68	15	72	15	—	—	—	—	—	—	—	—
2½	—	—	—	—	81	16	86	19	83	15	81	18	81	19	85	15	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	87	18	85	18	85	18	81	20	85	18	93	22	96	35	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	105	20	102	20	117	37	112	20	103	21	105	45	105	30	—	—



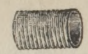
Verloop T-stukken.

Eng. dm.	¼		3/8		½		¾		1		1½		1½		2		2½		3		4	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
¼	40	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	48	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
½	52	27	52	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
¾	55	35	60	32	65	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	60	38	60	38	68	40	78	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1¼	70	50	70	48	78	46	85	47	85	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1½	75	60	73	40	80	52	85	53	90	53	100	53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	80	70	82	75	87	60	95	60	100	62	105	62	112	62	—	—	—	—	—	—	—	—
2½	—	—	—	—	102	80	110	85	100	75	110	71	120	70	130	75	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	120	75	115	85	112	80	131	85	137	85	148	93	170	86	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	140	119	138	106	145	106	165	110	158	106	190	102	200	110	—	—

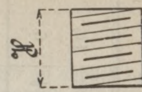


Kappen.

Eng. dm.	¼	3/8	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4
H	—	—	28	40	43	56	54	—	—	—	—



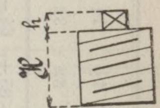
Nippels.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4
H	16^5	20	25	28	30	35	38	45	45	—	—



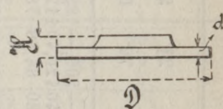
Pluggen.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4
H	12	15	20	20	20	20	22	25	28	30	—
h	8	10	10	13	15	15	15	18	20	25	—



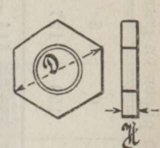
Flenzen.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4
D	63	75	88	100	113	125	135	150	177	190	227
H	11	11	12	12	13	17	18	20	23	23	27
d	4	4	5	6	6	6^5	6^5	7	7	8	10



Connectiemoeren.



Eng. dm.	¼	³/₈	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4
D	25	29	36	43	50	58	66	88	115	—	—
H	6	6	7	8	10	11	12	15	25^5	—	—

Prijzen van getrokken ijzeren pijpen en gesmede fittings: (1913).

DIAM. in ENG. DM. binnenwerks.	6	5	4	3½	3	2¾	2½	2¼	2	1¾	1½	1¼	1	3/4	1/2	3/8	1/4	1/8
DIAM. in MILLIM. binnenwerks.	153	127	102	90	76	70	65	57	51	45	38	32	26	19	13	9½	6	3
Pijpen gev. lengte p. 100 M f	563,—	414,—	317,—	283,—	217,—	200,—	183,—	167,—	117,—	107,—	85,—	64,—	48,—	34,50	26,50	21,50	19,—	19,—
„ v. 30 t. 60 cM „ 100 st. -			217,60	189,50	140,40	126,40	112,30	94,80	66,40	59,70	46,80	35,10	25,70	18,70	15,20	11,70	10,50	10,50
„ v. 7 t. 30 „ „ 100 „ -			150,90	129,90	94,80	84,20	73,70	59,70	42,10	36,30	28,10	21,10	16,40	11,70	9,40	7,—	6,40	6,40
Sluitstukken v. 30 t. 60 „ „ 100 „ -			238,70	217,60	161,50	140,40	126,40	105,30	73,70	65,50	50,30	37,40	28,10	19,90	16,40	12,90	11,70	11,70
Sluitstukken v. 7 t. 30 „ „ 100 „ -			172,—	150,90	112,30	92,40	87,80	65,50	45,60	42,10	31,60	23,40	17,60	12,90	10,50	8,20	7,60	7,60
Bochten . . . „ 100 „ -	2159,—	1511,—	467,50	359,40	259,—	216,20	172,70	122,20	72,30	57,60	43,50	35,80	21,80	14,70	11,90	9,80	8,40	8,40
Haaksche elbogen p. 100 st. -			391,80	307,80	196,—	161,10	126,30	87,40	53,20	42,30	34,10	26,—	19,10	14,30	11,60	11,—	10,20	10,20
Teestukken . . „ 100 „ -	2169,—	1372,—	419,70	335,80	230,70	174,70	133,10	90,80	59,40	44,40	34,80	28,—	19,80	16,40	13,—	11,60	10,20	10,20
Kruisstukken . „ 100 „ -	4897,—	3078,—	933,—	783,50	559,70	391,80	298,90	195,90	108,50	83,90	67,60	56,—	42,30	32,80	26,60	21,20	18,40	18,40
Sockets . . . „ 100 „ -	410,—	225,—	83,90	70,30	49,10	42,30	35,50	24,60	15,—	13,—	10,20	7,50	5,50	4,10	3,40	2,70	2,30	2,30
Verm. sockets meer dan 1dm verminderend . p. 100 st. f	990,—	630,—	162,30	126,40	90,40	72,—	59,—	40,40	24,60	21,10	16,70							
Vermindering sockets (verloop sockets) . p. 100 st. f	770,—	490,—	126,30	98,30	70,30	56,—	45,70	31,40	19,10	16,40	13,—	10,90	8,20	7,50	6,10	4,80	4,10	4,10
Flenzen . . . „ 100 „ -	295,—	196,—	125,60	109,10	93,20	74,—	54,90	50,40	34,40	28,30	26,50	25,10	19,50	16,70	14,60	11,80	11,10	11,10
Zware flenzen . „ 100 „ -	331,70	233,20	148,—	134,20	112,90	100,10	73,—	71,30	51,—	41,80	35,70	34,80	27,10	23,60	20,20	16,70	13,90	13,90
Kappen . . . „ 100 „ f	661,—	441,—	154,80	143,30	88,10	77,40	63,80	44,40	29,40	23,60	18,60	15,—	10,—	7,20	6,40	4,30	4,30	4,30
Pluggen . . . „ 100 „ -	705,—	441,—	146,90	103,20	70,20	51,60	37,30	29,40	18,60	15,—	12,20	10,—	7,90	6,40	5,—	3,60	3,60	3,60
Sluitringen . . „ 100 „ -	382,—	264,—	81,—	65,90	51,60	44,40	33,—	25,80	15,80	12,40	10,—	7,90	6,40	4,30	3,60	2,90	2,90	2,90
Nippels . . . „ 100 „ -	364,—	252,—	77,10	62,80	49,10	42,30	31,40	24,60	14,30	11,60	9,60	7,50	4,80	4,10	3,40	2,70	2,70	2,70
Ronde elbogen . „ 100 „ -	2099,—	1330,—	447,70	350,10	238,20	182,20	140,—	94,20	63,—	49,10	36,20	29,30	21,10	17,80	14,40	13,—	11,—	11,—
Hoofdkranen . „ 100 „ -			1576,60	1218,30	860,—	716,60	573,30	387,—	258,—	200,70	157,70	121,80	93,20	64,50	50,20	39,40	32,20	32,20

De prijzen van gegalvaniseerd getrokken ijzeren ijpen en fittings zijn ongeveer 40% hooger.

Getrokken ijzeren pijpen (zwart en gegalvaniseerd) voor Norton's pijpwellen zijn in den handel in wijdten van 3, 2½, 2 en 1½ Eng. dm. en in lengten van 1 à 2 Meter. De Amerikaansche puntstukken van gegalvaniseerd ijzer en van dubbel kopergaas voorziene stalen punt, heeft men even-eens in deze wijdten.

Stalen buizen.

(*patent Mannesmann*).

Zij hebben het voordeel boven gegoten ijzeren buizen, dat zij langer en elastischer zijn, dus minder spoedig breken en in kouden toestand kunnen worden gebogen. Zij houden zich verder minstens evengoed en dikwijls beter in terreinen, waar gegoten ijzer wordt aangetast. Vóór 1900 werden de Mannesmannbuizen alleen uit Siemens Martin-staal van 55—65 KG vastheid gemaakt. Daarna ook van minder hard materiaal naar gelang van het doel; evenwel uit gemaakte gunstige ervaringen werd besloten het eerstgenoemde materiaal alleen verder te gebruiken voor de mofbuizen. Zij worden alleen tot een middellijn van 300 mM vervaardigd. Boven deze maat worden de buizen met overlap geweld. De buizen kunnen door de Mannesmannröhren-Werke te Düsseldorf in lengten tot 14 Meter worden geleverd; bij grooter lengte dan 7,1 M wordt verhoogingsprijs berekend evenals voor abnormale wanddikte. De buizen worden op 50 atm. druk beproefd.

Voor locomotiefpijpen en dergelijke gelden andere prijzen.

Normale buizen. Prijzen vóór den oorlog.

Uitwendige middellijn	mM	38	41½	44½	47½	51	54	57	60
	Eng. dm.	1½	1¾	1⅝	1⅞	2	2⅛	2¼	2⅜
Wanddikte (normale)	Imp.W.G.	nr. 13	13	13	13	12	12	11½	11
	mM	2¼	2¼	2¼	2¼	2½	2½	2¾	3
Gewicht p. Meter KG		1,97	2,17	2,32	2,43	2,97	3,15	3,65	4,20
Prijs per Meter. Mk.		2,65	2,70	2,80	2,85	3,30	3,40	3,50	3,90

63½	70	76	83	89	95	102	108	114	121	127
2½	2¾	3	3¼	3½	3¾	4	4¼	4½	4¾	5
11	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8
3	3	3	3¼	3¼	3¼	3¾	3¾	3¾	4	4
4,45	4,90	5,35	6,35	6,78	7,30	9,01	9,56	10,10	11,46	12,03
4,50	4,40	4,75	5,60	6,15	6,55	7,95	8,80	9,35	11,15	12,—

133	140	146	152	159	165	171	178	191	203	216
5¼	5½	5¾	6	6¼	6½	6¾	7	7½	8	8½
8	7	7	7	7	7	7	7	5	5	3
4	4½	4½	4½	4½	4½	4½	4½	5½	5½	6½
12,65	14,90	15,96	16,22	17	17,65	18,31	19,08	24,93	26,60	33,20
13,10	15,05	16,45	17,30	19,50	20,35	22,05	22,85	30,40	32,60	42,10

229	241	254	267	279	292	305				
9	9½	10	10½	11	11½	12				
3	3	3	2	1	1	1				
6½	6½	6½	7	7½	7½	7½				
35,30	37,20	39,50	44,50	49,60	52,10	54,70				
44,60	51,75	53,35	61,90	67,25	73,60	76,95				

Mofbuizen. Prijzen vóór den oorlog.

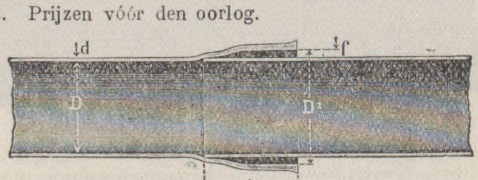


Fig. 14.

Binnenmiddellijn D in mM . .	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
Wanddikte d in mM	3	3	3	3¼	3½	4	4	4	4½	5	5½	6½	7

Binnenmiddellijn D^1 der moffen in mM . . .	60	71	81	91,5	102	113	123	149	176	202	226	251	277
Sterkte der dichtingsvoeg f in mM . . .	7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8	8	8,25
Mofdiepte t in mM	87	91	94	97	99	102	105	109	112	115	117	120	123
Gewicht met asphalt en jutebekleeding per M in KG . .	3,85	4,9	5,5	6,5	8,60	10,5	11,6	14,0	19,00	25,5	30,00	40,00	53,00
Prijs per M in Mk	2,90	3,55	3,95	4,70	6,15	6,75	7,40	9,40	12,55	15,85	19,30	26,40	35,50

De prijzen gelden voor onbepaalde lengte; voor grootere lengte dan 7 M geldt een toeslag van 5% voor elken Meter meer.

Flensbuizen.

De flensbuizen zijn verkrijgbaar met omgezette einden en losse flenzen (fig. 15) met gladde kragen en losse flenzen (fig. 16) of vaste gladde flenzen met in elkaar gedraaide kragen en losse flenzen (fig. 17) of vaste in elkaar gedraaide flenzen.

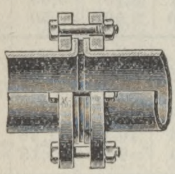


Fig. 15.

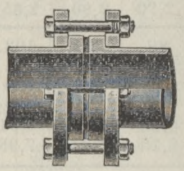


Fig. 16.

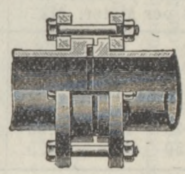


Fig. 17.

Voor hoogdrukleidingen heeft men flensverbindingen met dubbele boorden, eenvoudig of versterkt.

Verder worden door de fabriek zoowel voor de mof- als de flensbuizen naadloos gewalste façonstukken geleverd en wel met de normale als met de abnormale afmetingen. Voor het snijden van draad of voor elke bewerking der buiseinden (b.v. voor boorbuizen) worden meerprijzen berekend van 2 tot 23 Mk per buis naar gelang van de buiswijdte en soort bewerking.

Zachtstalen buizen (*met en zonder naad*) *merk „Hahn"* (fig. 18).

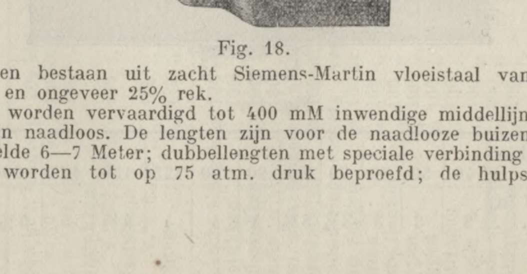


Fig. 18.

Deze buizen bestaan uit zacht Siemens-Martin vloeistaal van 36—42 KG trekvastheid en ongeveer 25% rek.

De buizen worden vervaardigd tot 400 mM inwendige middellijn; de kleinere diameters zijn naadloos. De lengten zijn voor de naadlooze buizen 6—9 Meter, voor de gewelde 6—7 Meter; dubbellengten met speciale verbinding 11—17 Meter De buizen worden tot op 75 atm. druk beproefd; de hulpstukken tot 40 atmosferen.

Mannesmann-buizen voor hoogdrukleidingen. (Prijzen vóór den oorlog)

Binnenmiddell. mM	6	10	13	16	20	25	32	38	44	51	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
voor bedrijfsdruk tot 50 atmosferen (proefdruk 100 atm.)																				
Wanddikte mM	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3.5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5
Gewicht per M′ KG	0,85	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,7	6,8	8,9	11,1	15,1	19,8	25,2	34,0	40,9	48,4	56,5
Prijs per M′ Mk	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	3,60	4,10	4,70	6,80	8,90	11,10	15,10	19,80	25,20	34,00	40,90	48,40	56,50
voor bedrijfsdruk tot 100 atmosferen (proefdruk 200 atm.)																				
Wanddikte mM	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	6,5	7,5	9,0	10,0				
Gewicht per M′ KG	0,85	1,2	1,5	1,7	1,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,7	7,8	12,9	21,0	29,0	40,6	51,5				
Prijs per M′ Mk	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	3,60	4,10	4,70	7,80	12,90	21,00	29,00	40,60	51,50				
voor bedrijfsdruk tot 200 atmosferen (proefdruk 400 atm.)																				
Wanddikte mM	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	7,5	10,0	12,5							
Gewicht per M′ KG	0,85	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	4,2	5,4	6,9	15,2	27,0	42,2							
Prijs per M′ Mk	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	4,20	5,40	6,90	15,20	27,00	42,20							
voor bedrijfsdruk tot 500 atmosferen (proefdruk 1000 atm.)																				
Wanddikte mM	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	13,0	19,0									
Gewicht per M′ KG	0,85	1,2	1,5	2,0	3,1	5,1	7,9	11,1	14,9	20,4	42,8									
Prijs per M′ Mk	1,70	2,40	2,70	3,00	4,65	5,10	7,90	11,10	14,90	20,40	43,80									
voor bedrijfsdruk tot 1000 atmosferen (proefdruk 2000 atm.)																				
Wanddikte mM	3,5	5,0	6,5	8,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	26,0										
Gewicht per M′ KG	0,85	1,9	3,2	4,7	7,4	12,1	18,9	26,6	35,6	49,1										
Prijs per M′ Mk	1,70	2,85	4,80	6,50	7,40	12,10	18,90	26,60	35,60	49,10										

De fabriekslengten zijn 3 tot 6,5 M voor de gemiddelde middellijnen en 3 tot 4,5 Meter voor de grootste middellijnen.

Zachtstalen buizen, vervolg.

Inwendige middellijn . . . mM Wanddikte. . . . . ,,	30 3	40 3	50 3	60 3	65 3	70 3	75 3¼	80 3½
Dikte der looddichting . . mM	7/8½	7/8½	7½/9½	7½/9½	7½/9½	7½/9½	7½/9½	7½/9½
Mofdiepte . . . . ,,	80	81	85	88	89	90	91	92
Benoodigde hennepstrik p.mof ca. Kg	0,2	0,2	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Benoodigd lood per mof . ,, ,,	0,6	0,65	0,75	0,9	0,95	1,05	1,1	1,25
Gewicht per str. Meter: alleen geasphalteerd ,, ,,	2,55	3,35	4,15	4,95	5,3	5,75	6,75	7
Gewicht per str. Meter: geasphalt. en gestrikt ,, ,,	3,1	3,9	4,85	5,8	6,25	6,7	7,8	8,1

Inwendige middellijn . . . mM Wanddikte . . . . ,,	90 3¾	100 4	125 4	150 4½	175 5	200 5½	225 6½
Dikte der looddichting . . mM	7½/9½	7½/10	7½/10	7½/10	7½/10	8/11	8/11
Mofdiepte . . . . ,,	94	97	100	103	106	110	110
Benoodigde hennepstrik p.mof ca. Kg	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
Benoodigd lood per mof . ,, ,,	1,4	1,5	1,9	2,25	2,7	3,2	4
Gewicht per str. Meter: alleen geasphalteerd ,, ,,	8,45	10,15	13,6	18,1	23,55	29,7	40,2
Gewicht per str. Meter: geasphalt. en gestrikt ,, ,,	9,65	11,5	15,15	20,1	25,9	32,3	43,05

Inwendige middellijn . . . mM Wanddikte . . . . ,,	250 7	275 7	300 7	325 7½	850 8	375 8	400 8½
Dikte der looddichting . . mM	8½/12½	8½/12½	8½/12½	9/13	9/13	9/13	9/13
Mofdiepte . . . . ,,	113	116	120	125	130	135	140
Benoodigde hennepstrik p.mof ca. Kg	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1,15
Benoodigd lood per mof . ,, ,,	4,7	5	5,4	6	6,4	7	7,8
Gewicht per str. Meter: alleen geasphalteerd ,, ,,	48	52,25	56	66,1	75,4	81,25	91,8
Gewicht per str. Meter: geasphalt. en gestrikt ,, ,,	51,3	56	60	70,4	80,3	86,3	97

Buigzame metalen buizen. Voor zuig- en stoomslangen, ongevoelig voor groote hitte; lengte 5 M.

Inwendige middellijn	¾	1	1½	2 Eng. dm.
Prijs per stuk 1916	27	32	58	75 gld.
Idem van brons (± 13 atm.)	6	75	120	140 gld.

Plaatijzeren Buizen.

Zoolang alleen trekspanningen in aanmerking komen, waarbij de wanddikte verwaarloosd kan worden, kan gebruik gemaakt worden van de formule (1) bladz. 635 welke evenwel te dunne maten geeft. *Dr. Ing. J. von Hanffstengel* leidde uit verschillende gegevens de volgende formule af (Ges. Ing. 1915, bldz. 484).

$$\delta = \frac{D}{150} + 4 \text{ mM}.$$

waarin δ de wanddikte in mM en D de inwendige middellijn in mM.

In het algemeen neemt men de wanddikte practisch niet minder dan 7 mM; hoewel in Amerika geringere dikten worden gebezigd.

Door de lasschen, enz. hebben de buizen minder sterkte dan het plaatijzer zelf.

,,*Lock-bar*'' stalen buizen volgens een Amerikaansch patent hebben dezelfde sterkte als dubbel geklonken plaatijzeren buizen.

Spiraal-gewonden en geklonken buizen worden in Amerika veel vervaardigd en van flenzen voorzien.

,,*Armco*'' *plaatijzeren buizen* van de California Corrugated CulvertCo. zijn van het gegalvaniseerd zuivere Armco-ijzer, dat het roesten bijzonder goed weerstaat.

Middellijn Eng. dm.	Nummer der plaat	Prijs per Meter (1916)
8	16	f 14,—
10	16	- 16,60
12	16	- 19,60
15	16	- 23,—
18	16	- 25,66
21	16	- 28,95
24	16	- 32,54
30	14	- 46,35
36	14	- 54,52
42	14	- 62,78
48	14	- 72,25
60	12	- 121,—
72	12	- 141,30
84	12	- 167,35

Koperen en bronzen buizen.

Wanddikten van koperen buizen voor verschillende spanningen. Ontleend aan Otto Lueger „Die Wasserversorgung der Städte" 1908.

Binnen-middellijn in mM	Benoodigde wanddikte im mM voor									
	6 atm.		8 atm.		10 atm.		15 atm.		20 atm.	
	berekend	toegepast	berekend	toegepast	berekend	toegepast	berekend	toegepast	berekend	toegepast
10	0,05	1,0	0,07	1,0	0,09	1,0	0,13	1,0	0,18	1,0
11	0,06	1,0	0,08	1,0	0,10	1,0	0,14	1,0	0,19	1,0
12	0,06	1,0	0,08	1,0	0,10	1,0	0,16	1,0	0,21	1,0
13	0,07	1,0	0,09	1,0	0,11	1,0	0,17	1,0	0,23	1,0
14	0,07	1,0	0,10	1,0	0,12	1,0	0,18	1,0	0,25	1,0
15	0,08	1,0	0,11	1,0	0,13	1,0	0,20	1,0	0,26	1,0
16	0,08	1,0	0,11	1,0	0,14	1,0	0,21	1,0	0,28	1,0
17	0,09	1,0	0,12	1,0	0,15	1,0	0,22	1,0	0,30	1,0
18	0,09	1,0	0,12	1,0	0,16	1,0	0,24	1,0	0,32	1,0
19	0,10	1,0	0,13	1,0	0,17	1,0	0,25	1,0	0,33	1,0
20	0,10	1,0	0,14	1,0	0,17	1,0	0,26	1,0	0,35	1,0
25	0,13	1,0	0,17	1,0	0,23	1,0	0,33	1,0	0,44	1,0
30	0,16	1,0	0,21	1,0	0,26	1,0	0,39	1,0	0,53	1,0
35	0,18	1,0	0,24	1,0	0,30	1,0	0,46	1,0	0,62	1,0
40	0,21	1,0	0,28	1,0	0,35	1,0	0,52	1,0	0,70	1,5
45	0,23	1,0	0,31	1,0	0,39	1,0	0,59	1,0	0,79	1,5
50	0,26	1,0	0,35	1,0	0,44	1,0	0,66	1,5	0,88	1,5
55	0,29	1,0	0,38	1,0	0,49	1,0	0,72	1,5	0,97	1,5
60	0,31	1,0	0,41	1,0	0,52	1,0	0,79	1,5	1,06	1,5
65	0,34	1,0	0,45	1,0	0,57	1,0	0,85	1,5	1,14	1,5
70	0,36	1,0	0,48	1,0	0,61	1,0	0,92	1,5	1,23	1,5
75	0,39	1,0	0,52	1,0	0,65	1,0	0,98	1,5	1,32	2,0
80	0,42	1,0	0,55	1,0	0,70	1,5	1,05	1,5	1,41	2,0
85	0,44	1,0	0,59	1,0	0,74	1,5	1,11	1,5	1,50	2,0
90	0,47	1,0	0,62	1,0	0,78	1,5	1,18	1,5	1,58	2,0
95	0,49	1,0	0,66	1,5	0,83	1,5	1,24	1,5	1,67	2,5
100	0,52	1,0	0,69	1,5	0,87	1,5	1,31	2,0	1,76	2,5
125	0,65	1,0	0,86	1,5	1,09	1,5	1,64	2,0	2,20	2,5
150	0,73	1,5	1,04	1,5	1,31	2,0	1,97	2,0	2,64	3,0
175	0,91	1,5	1,21	1,5	1,52	2,0	2,29	2,0	3,08	3,5
200	1,04	1,5	1,38	2,0	1,74	2,0	2,62	2,5	3,52	4,0
225	1,17	1,5	1,55	2,0	1,96	2,5	2,94	3,0	3,96	4,5
250	1,30	2,0	1,73	2,5	2,18	2,5	3,28	3,0	4,40	5,0
275	1,43	2,0	1,90	2,5	2,39	3,0	3,60	4,0	4,84	5,5
300	1,56	2,0	2,07	2,5	2,61	3,0	3,93	4,5	5,28	6.0

Gewichten van koperen en bronzen buizen per M[1] in KG. (Spec. gewicht = 9.—).
Buizen zonder naad (Patent Mannesmann) van C. Heckmann in Duisburg (Hochfeld).

Inwendige middellijn mM	WANDDIKTE in mM.									
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5
3	0,113	0,150	0,191	0,235	0,283	0,389	0,509	0,643	—	—
5	0,170	0,221	0,276	0,334	0,396	0,530	0,679	0,841	1,018	—
6	0,198	0,256	0,318	0,383	0,452	0,601	0,763	0,940	1,131	1,555
8	0,254	0,327	0,403	0,482	0,565	0,742	0,933	1,138	1,357	1,838
10	0,311	0,398	0,488	0,581	0,679	0,884	1,103	1,339	1,583	2,120
12	0,367	0,468	0,572	0,680	0,791	1,025	1,272	1,534	1,809	2,403
14	0,424	0,539	0,657	0,779	0,905	1,166	1,442	1,732	2,036	2,686
15	0,452	0,574	0,700	0,829	0,961	1,237	1,527	1,831	2,149	2,827
16	0,481	0,609	0,742	0,878	1,018	1,308	1,612	1,930	2,262	2,969
18	0,537	0,680	0,827	0,977	1,131	1,449	1,781	2,128	2,488	3,251
20	0,594	0,751	0,912	1,076	1,244	1,590	1,951	2,326	2,714	3,534
22	0,650	0,822	0,997	1,175	1,357	1,732	2,120	2,523	2,940	3,817
24	0,707	0,892	1,081	1,274	1,470	1,873	2,290	2,721	3,167	4,100
25	0,735	0,928	1,124	1,324	1,527	1,944	2,375	2,820	3,280	4,241
26	0,763	0,963	1,166	1,373	1,583	2,014	2,460	2,919	3,393	4,382
28	0,820	1,034	1,251	1,472	1,696	2,156	2,629	3,117	3,619	4,665
30	0,876	1,104	1,336	1,571	1,809	2,297	2,799	3,315	3,845	4,948
32	0,933	1,175	1,421	1,670	1,923	2,439	2,969	3,513	4,072	5,231
34	0,990	1,246	1,506	1,679	2,036	2,580	3,138	3,711	4,298	5,513
35	1,018	1,281	1,548	1,818	2,092	2,651	3,223	3,810	4,411	5,655
36	1,046	1,316	1,590	1,868	2,149	2,721	3,308	3,909	4,524	5,796
38	1,103	1,387	1,675	1,967	2,262	2,863	3,478	4,107	4,750	6,079
40	1,159	1,458	1,760	2,066	2,375	3,004	3,647	4,305	4,976	6,362
42	1,216	1,528	1,845	2,165	2,488	3,145	3,817	4,503	5,202	6,644
44	1,272	1,599	1,930	2,264	2,601	3,287	3,987	4,701	5,429	6.927
45	1,301	1,634	1,972	2,313	2,658	3,358	4,071	4,800	5,542	7,069
46	1,329	1,670	2,015	2,363	2,714	3,428	4,156	4,898	5,655	7,210
48	1,385	1,741	2,099	2,462	2,827	3,570	4,326	5,096	5,881	7,493
50	1,442	1,811	2,184	2,561	2,940	3,711	4,496	5,294	6,107	7,775
52	1,498	1,882	2,269	2,659	3,054	3,852	4,665	5,492	6,333	8,058
54	1,555	1,953	2,354	2,758	3,167	3,994	4,835	5,690	6,560	8,341
56	1,612	2,023	2,438	2,857	3,280	4,135	5,004	5,888	6,786	8,624
58	1,668	2,094	2,523	2,956	3,393	4,276	5,174	6,086	7,012	8,906
60	1,725	2,165	2,608	3,055	3,506	4,418	5,344	6,284	7,238	9,189
65	—	2,341	2,820	3,303	3,789	4,771	5,768	6,779	7,804	9,896
70	—	2,518	3,032	3,550	4,072	5,125	6,192	7,274	8,369	10,603
75	—	2,695	3,244	3,798	4,354	5,478	6,616	7,768	8,935	11,310
80	—	2,872	3,457	4,045	4,637	5,832	7,040	8,263	9,500	12,017
85	—	—	—	—	4,920	6,185	7,464	8,758	10,066	12,723
90	—	—	—	—	5,202	6,538	7,888	9,253	10,631	13,430
95	—	—	—	—	5,485	6,892	8,313	9,747	11,197	14,137
100	—	—	—	—	—	—	8,738	10,242	11,762	—

Messing buizen afmetingen als boven, doch met specifiek gewicht van **8,5.**
Vertind geelkoperen pijpen zijn ook in den handel.

Koperen buizen voor luchtkracht.

De Engelsche Air-board heeft in 1917 bepaald, dat de koperen buizen voor luchtkracht zullen worden aangegeven in buitenwerksche middellijn en de dikte in Legal Standard Wiregauge en wel zoo mogelijk ter dikte van 20 of 0,036 inch. Voor speciale gevallen zal de dikte ook 16, 18 en 22 kunnen zijn, hoewel de laatste maat moeilijk is te vervaardigen.

De volgende standaardafmetingen zullen alzoo gelden:
20 Gauge: 3/16, ¼, 5/16, 3/8, 7/16, ½, 5/8, ¾, 7/8, 1, 1 1/8, 1¼, 1 3/8, 1½, 1 5/8, 11¾ en 2 inch.
18 Gauge: 1, 1¼, 1½, 1¾, 2 inch.
16 Gauge: ½, 5/8, ¾, 7/8, 1, 1¼, 1½, 1¾, 2 en 2½ inch.
22 Gauge: 1, 1 1/8, 1¼, 1 3/8, 1½, 1¾, en 2 inch.

Eischen aan koperen pijpen te stellen.

De eischen, die door de Mij. tot Expl. v. S.S. worden gesteld, zijn:
De pijpen moeten zuiver cilindervormig zijn met cirkelvormige doorsnede zoowel in- als uitwendig glad en gaaf. De wanddikte moet overal dezelfde zijn, waarbij een speling van hoogstens 5% wordt toegestaan. De pijpen moeten zonder eenige fout te vertoonen aan een inwendigen waterdruk van 25 atm. weerstand kunnen bieden. Een stuk pijp moet zoodanig gebogen kunnen worden, dat de beide einden evenwijdig loopen en de inwendige kromming een middellijn heeft gelijk aan tweemaal de uitwendige middellijn van de pijp zonder dat scheuren, barsten of andere gebreken ontstaan.

Looden buizen.

De pijpen worden geleverd in rollen, veelal van ongeveer 70 en 140 KG, en per gewicht berekend.

Voor *drukleidingen* is de wandsterkte in mM bij 20 atmosferen proefdruk te nemen gelijk 1,0 + 0,009 × d × 20 mM, waarin d de inwendige middellijn in mM.

Gewichten van looden buizen, berekend met s. g. van 11,325, ontleend aan Otto Lueger ,,Die Wasserversorgung der Städte'' 1908.

Binnen-middellijn	Benoodigde wanddikte bij een druk van			Gewicht van de buis van 1 Meter bouwlengte in KG bij wanddikten in mM van											
	6 atm.	8 atm.	10 atm.												
mM	mM	mM	mM	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8
10	1,3	2,0	2,8	0,6	0,9	1,1	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	—	—	—	—
11	1,4	2,1	3,0	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2i5	2,8	—	—	—	—
12	1,6	2,3	3,3	—	1,0	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0	—	—	—	—
13	1,7	2,5	3,6	—	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,2	—	—	—	—
14	1,8	2,7	3,9	—	1,1	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,4	—	—	—	—
15	2,0	2,9	4,2	—	1,2	1,6	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	—	—	—
16	2,1	3,1	4,4	—	—	1,7	2,1	2,4	2,8	3,3	3,7	4,2	—	—	—
17	2,2	3,3	4,7	—	—	1,7	2,2	2,5	3,0	3,4	3,9	4,4	—	—	—
18	2,4	3,5	5,0	—	—	1,8	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	—	—
19	2,5	3,7	5,3	—	—	1,9	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	—	—
20	2,6	3,9	5,5	—	—	—	2,5	2,9	3,4	3,9	4,5	5,0	5,5	—	—
21	2,8	4,1	5,8	—	—	—	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,2	5,8	—	—
22	2,9	4,3	6,1	—	—	—	2,7	3,2	3,7	4,2	4,8	5,4	6,0	—	—
23	3,0	4,5	6,4	—	—	—	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,6	6,2	—	—
24	3,1	4,7	6,6	—	—	—	—	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4	—	—
25	3,3	4,9	6,9	—	—	—	—	3,6	4,1	4,7	5,4	6,0	6,6	—	—
26	3,4	5,1	7,2	—	—	—	—	3,7	4,3	4,9	5,6	6,2	6,9	—	—
27	3,5	5,3	7,5	—	—	—	—	3,8	4,4	5,1	5,7	6,4	7,1	—	—
28	3,7	5,5	7,8	—	—	—	—	—	4,5	5,2	5,9	6,8	7,3	—	—
29	3,8	5,7	8,0	—	—	—	—	—	4,7	5,4	6,1	7,0	7,5	—	—
30	4,0	5,9	8,3	—	—	—	—	—	4,9	5,5	6,3	8,0	7,7	—	—
35	4,6	6,9	9,7	—	—	—	—	—	—	—	7,2	8,9	8,8	10,4	12,5
40	5,3	7,8	11,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,8	11,7	13,6
50	6.6	9,8	13,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,2	16,5

Gewicht van vertind looden (compositie) buizen p. M[1] in KG.
Prijs (1912) per 100 KG f 38,— tot f 39,—.

Inwendige middellijn		Voor waterleiding			Voor gasleiding
		Zware druk.	Middelb. druk.	Lichte druk.	
Eng. duim	mM	KG	KG	KG	KG
¼	6,3	—	—	—	0,6
⅜	9,5	1,5	1,3	1,0	0,7
½	12,7	2,3	1,7	1,3	0,9
⅝	15,8	2,7	2,0	1,5	1,0
¾	19,0	3,3	2,7	2,0	1,7
1	25,4	4,7	4,0	3,0	2,3
1¼	31,7	5,6	4,5	—	—
1½	38,1	7,2	5,5	—	—
2	50,8	12,5	10,0	—	—

Voor *afvoerleidingen* zijn de maten en gewichten vastgesteld door het „Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine":

middellijn	25	30	40	50	mM
wanddikte	3,5	4	4,5	5	„
gewicht per Meter .	3,6	4,8	7,1	9,8	KG.

Zinken buizen.

Voor waterleiding, enz. uit zuiver zink worden vervaardigd in lengten tot 7 Meter, normaal 4—6 M.

Buizen van de Schlesische Metallgesellschaft m.b.H.

Inw. middellijn mM .	10	13	15	20	25	30	40	50
Wanddikte „	1,1	1,2	1,3	1,5	1,75	2,—	2,25	2,5
Ongev. gewicht in KG per M	0,27	0,39	0,49	0,73	1,06	1,45	2,15	2,97
Prijs per Meter Mk, (bij groote partijen).	0,86	0,92	1,14	1,64	2,30	3,20	4,70	5,70

Aluminiumbuizen

volgens handelsmaat.

Gewichten. De gewichten berekend met s. g. 2,7. Ontleend aan Otto Lueger „Die Wasserversorgung der Städte" 1908.

Buiten middellijn	Benoodigde en toegepaste wanddikte bij een druk van				Gewicht van 1 M buis in KG bij de volgende wanddikten						
	10 atm.		20 atm								
mM	mM	mM	mM	mM	mM 0,5	mM 0,75	mM 1,0	mM 1,25	mM 1,5	mM 1,75	mM 2,0
5	0,07	0,5	0,14	0,5	0,0190	—	—	—	—	—	—
6	0,09	0,5	0,17	0,5	0,0233	—	—	—	—	—	—
8	0,11	0,5	0,23	0,5	0,0317	—	—	—	—	—	—
10	0,14	0,5	0,28	0,5	0,0403	—	—	—	—	—	—
12	0,17	0,5	0,34	0,5	0,0487	—	—	—	—	—	—
15	0,21	0,5	0,43	0,75	0,0612	0,0907	—	—	—	—	—
20	0,28	0,5	0,57	0,75	0,0827	0,1225	—	—	—	—	—
25	0,35	0,5	0,71	0,75	0,1039	0,1543	—	—	—	—	—
30	0,43	0,5	0,85	1,0	1,1250	1,1861	0,2460	—	—	—	—

Buiten middellijn	Benoodigde en toegepaste wanddikte bij een druk van				Gewicht van 1 M buis in KG bij de volgende wanddikten						
	10 atm.		20 atm.								
mM	mM	mM	mM	mM	mM 0,5	mM 0,75	mM 1,0	mM 1,25	mM 1,5	mM 1,75	mM 2,0
35	0,50	0,5	0,99	1,0	0,1465	0,2179	0,2884	—	—	—	—
40	0,57	0,75	1,14	1,25	—	0,2497	—	0,4109	—	—	—
45	0,64	0,75	1,28	1,25	—	0,2815	—	0,4639	—	—	—
50	0,71	0,75	1,42	1,25	—	0,3133	—	0,5169	—	—	—
55	0,78	0,75	1,56	1,50	—	0,3451	—	—	0,6807	—	—
60	0,85	1,0	1,70	1,50	—	—	0,5005	—	0,7443	—	—
65	0,92	1,0	1,85	1,75	—	—	0,5429	—	—	0,9389	—
70	0,99	1,0	1,99	1,75	—	—	0,5825	—	—	1,0201	—
80	1,13	1,25	2,27	2,0	—	—	—	—	—	—	1,3232

Houten buizen.

Houten buizen worden meestal in duigvorm gemaakt, versterkt met ijzeren banden. De dichte verbinding wordt enkel door het uitzetten van het hout bij het vochtig worden verkregen (fig. 19). De dikte der duigen is afhankelijk van de water-

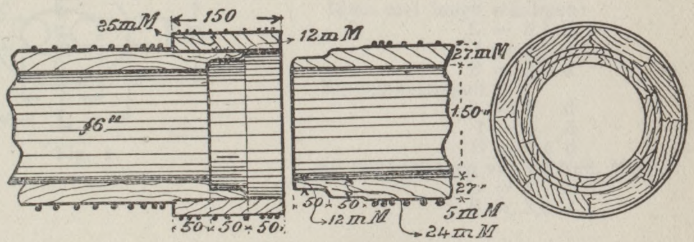


Fig. 19.

doorlaatbaarheid van het hout, het wateropnemend vermogen, den waterdruk en de buismiddellijn. De buizen worden ongeveer tot 16 voet lengte fabriekmatig of doorgaand met duigverbindingen gemaakt. De eerste gewoonlijk in doorsneden van 3″ tot 24″ (ook wel tot 48″) en de laatste van 12″ tot 10 voet en grooter.

Volgens den heer *Partridge* (Proceedings Am. Soc. Civ. Eng. Vol. XLIV nr. 6 Aug. 1917) zijn de afmetingen der duigen en banden bij verschillenden waterdruk voor houten mofbuizen (van het beste hout nl. redwood) te nemen als volgt:

Buis-middellijn inch.	Duig-dikte inch.	Diam. draad W.G.	Ond. afstand der banden in inch. voor een druk in voet waterhoogte van							
			25	50	75	100	150	200	300	400
2	7/8	12	3½	3½	2 7/16	1 13/16	1 13/16	15/16	5/8	7/16
3	7/8	12	3½	3 1/16	2 1/16	1 3/8	1	¾	½	3/8
4	7/8	12	3½	2¾	1 7/8	1 3/8	15/16	11/16	7/16	5/16
6	7/8	10	3½	3¼	2 1/8	1 5/8	1 1/16	13/16	½	3/8
8	15/16	8	3½	3½	2 7/16	1 13/16	1¼	7/8	5/8	7/16
10	15/16	8	3½	2 13/16	1 7/8	1 7/16	15/16	11/16	½	5/16
14	1 1/8	8	3½	2	1 15/16	1	—	—	—	—
		6	—	—	—	—	15/16	11/16	7/16	5/16
20	1 1/8	6	3½	2	1 1/8	1	5/8	½	—	—
		4	—	—	—	—	—	—	7/16	5/16
24	1 1/8	6	3	1 5/8	1	13/16	½	3/8	—	—
		4	—	—	—	—	—	—	3/8	¼

Voor minder goede houtsoorten worden de duigen dikker nl. van 1″ tot 1½″ en de draadwindingen met een gauge van 8 tot 1 en een afstand, die afneemt van 4″ bij buizen van ϕ 2″ met 25—50 voet druk tot $^{11}/_{16}$″ en bij buizen ϕ 24″ van 3½″ tot $^{7}/_{16}$″.

Volgens *D. E. Henny* is ook de formule te bezigen

$$a = \frac{S}{H\ (D + 1{,}5\ d)}$$

of in metrische maat herleid

$$a = \frac{2{,}55\ S}{H\ (D + 1{,}5\ d)}$$

waarin

a de afstand in (inch) cM tusschen de banden hart op hart.
D de inwendige middellijn (inch) cM van de buis.
d de dikte der duigen in (inch) cM.
S de toe te laten trekkracht in den band in (pounds) KG.
H de waterdruk in de buis in (lb. p. sq. inch) KG per cM².

terwijl de Denver Union Water Co. de formule

$$a = 2{,}1\ \frac{S}{DH}\ \text{(metrische maat) toepast.}$$

Kettingen, ijzer- en staaldraadtouw, draad, enz.

Litteratuur.

Josef Hrabàk. Die Drahtseile. Julius Springer, Berlin 1902.
,,De Ingenieur" jaargang 1907, no. 50.

Kettingen.

Men heeft kettingen met korte en met lange schalmen. De laatste zijn goedkooper dan de eerste, maar meer op buiging belast, daarom bij trommels liefst niet te bezigen. De damkettingen zijn sterker, ook blijven de schalmen beter op hun plaats. Zij worden gebezigd voor scheeps- en ankerkettingen. De prijs is ongeveer 20% hooger dan van de kettingen met korte schalmen. De toe te laten belasting 40—50% meer.

Het is goed ijzeren kettingen van tijd tot tijd uit te gloeien, daar daarmede een groote toename in rek wordt verkregen.

Afmetingen van kettingen. (fig. 1).

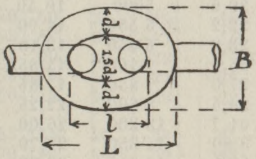


Fig. 1.

Kettingen met korte schalmen:
L = 4,6 d
l = 2,6 d
B = 3,5 d

Idem met lange schalmen:
L = 5,5 d
l = 3,5 d
B = 3,5 d

Bij damkettingen is
L = 6 d
l = 4 d
B = 3,6 d

Bij tuigkettingen van de Ned. Marine.
L = 5 d
B = 3,5 d

Dikte v/d ketting in Eng. duim	Dikte v/d ketting in mM	A mM	B mM
1 1/8	28,6	81,9	69,6
1 1/16	27	77,1	65,7
1	25,4	73	62,1
15/16	24	68,6	58,5
7/8	22	63	53,7
13/16	20.6	58,9	50,2
3/4	19	54,3	46,2
11/16	17,5	50	42,6
5/8	16	45,7	39
9/16	14,3	40,8	34,8
1/2	12,7	36,2	30,9
7/16	11	31,4	26,7
3/8	9,5	27,2	23,1
5/16	8	22,9	19,5
1/4	6,3	18	15,3

Engelsche kettingen met korte schalmen. (fig. 2).

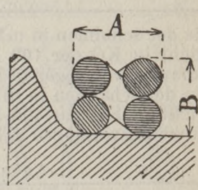
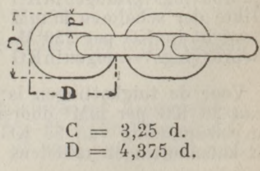


Fig. 2.



C = 3,25 d.
D = 4,375 d.

Berekening van kettingen.

Is d de dikte van het ijzer voor den ketting in mM, T de toe te laten spanning in KG/mM^2 en P de belasting in KG, dan kan voor kettingen met korte schalmen zonder dammen de berekening geschieden volgens de formule.

$$P = 2 \frac{\pi d^2}{4} T$$

De breukvastheid van kettingmateriaal is 35—36 KG/mM^2, zcodat bij een maximum toe te laten belasting van 6 KG/mM^2 in het ijzer:

$$P = 10\ d^2 \text{ of } d = 0{,}325 \sqrt{P}$$

Bij veelvuldig gebruikte kettingen neemt men $P = 8d^2$ en voor die met stoomkracht bewogen $P = 5\ d^2$.

De belasting van damkettingen kan 1,2 maal de bovenstaande bedragen.

Het *gewicht* per strekkenden Meter ketting in KG kan men stellen op $0{,}02\ d^2$ zoodat het draagvermogen van een ketting in ronde cijfers wordt uitgedrukt door 400 maal het gewicht per strekkenden Meter.

De zware kettingen worden tegenwoordig gewalst uit ringvormige schakels door middel van het wikkelen van een vlakke ijzeren staaf op een doorn volgens de methode Masion-Borsig.

Draagvermogen en gewicht van ijzeren ketting (volgens opgave Haarl. Mach. fabriek Gebr. Figée).

IJzerdikte		Veilige belasting	Gewicht per M¹	IJzerdikte		Veilige belasting	Gewicht per M¹
Eng. dm.	mM	KG	KG	Eng. dm.	mM	KG	KG
3/16	4,7	300	0,75	13/16	20,6	5000	10,40
1/4	6,3	550	1,10	7/8	22,2	5 550	11,90
5/16	7,9	850	1,60	15/16	23,8	6 350	13,10
3/8	9,5	1 200	2,25	1	25,4	7 100	14,85
7/16	11,1	1 600	2,95	1 1/16	27,0	7 850	17,85
1/2	12,7	2 050	3,95	1 1/8	28,5	8 600	22,25
9/16	14,3	2 550	4,95	1 1/4	31,7	13 200	26,00
5/8	15,8	3 050	6,20	1 1/2	3,80	14 350	29,70
11/16	17,4	3 600	7,65	1 3/4	44,4	19 350	39,60
3/4	19,0	4 350	9,15	2	50,8	26 000	54,50

Veilige belasting is 1/4 van de breukbelasting.

Tuig- en Anker- of Kabelkettingen.

(Ontleend aan het ,,Reglement voor het keuren, beproeven en in ontvang nemen van ankers, kabel-, tuig- en zeetonkettingen, enz. ten dienste van 's Rijks Marine aan de Koninklijke Nederlandsche Grofsmederij te Leiden" — 1890.)

Tuigkettingen (zonder dammen).

Dikte der schalmen in mM	6	7	8	9	10	11	12	13
Gewicht in KG per 100 M	100	125	175	205	250	290	330	400
Beproevingsvermogen in KG	644	874	1 150	1 472	1 817	2 185	2 559	3 059
Dikte der schalmen in mM	14	16	19	21	23	26		
Gewicht in KG per 100 M	470	600	850	1 000	1 200	1 500		
Beproevingsvermogen id KG	3 542	4 623	6 532	7 958	9 545	12 213		

Anker- of kabelkettingen (met dammen).

Dikte der schalmen in mM	13	16	19	21	23	26	29	32
Gewicht in KG per 220 M	950	1 350	1 900	2 400	2 800	3 600	4 400	5 500
Beproevingsvermogen in KG	4 655	7 035	9 940	12 110	14 525	18 585	23 135	28 140
Dikte der schalmen in mM	35	38	41	45	48	51	54	
Gewicht in KG per 220 M	6 500	7 300	8 600	10 400	11 500	13 300	15 500	
Beproevingsvermogen in KG	33 670	39 690	46 200	55 650	63 350	71 505	80 150	

Voor de tuigkettingen is het beproevingsvermogen berekend op een spanning van 23 KG per mM^2 doorsnede der schalmen; voor de anker- of kabelkettingen op een spanning van 35 KG. De tuigkettingen moeten minstens 1,46, de anker- of kabelkettingen minstens 1,42 maal de aangeduide belastingen kunnen dragen.

Prijzen van ijzeren kettingen vóór den oorlog.

	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	Eng. dm.
Scheepskett.		f27,15	f23,85	f21,45	f21,10	f19,05	f18,85	f18,25	f17,85	f17,45	p. 100 Kg
Kraankett.	f34,85	-28,80	-24,75	-23,05	-21,90	-21,10	-20,30	-19,80	-19,05	-18,45	„ 100 „
Gegalv. kett.		-35,65	-31,—	-28,30	-27,55	-25,20	-24,75	-23,80	-22,70	-22,05	„ 100 „

Speciale kettingen.

Galsche Kettingen (fig. 3) van Zobel, Neubert en Cie., in Schmalkalden.

Zij worden hoofdzakelijk gebezigd als lastketting. Voor drijfketting vervaardigt de firma speciale kettingen.

Steek	Breedte	Verbindings-bout		Tap-dikte	Platen			Gewicht per M in KG	Toe te laten belasting		Prijs per Meter Gld.
		Lengte	Dikte		Aantal	Dikte	Breedte				
l	B	e	D	d		δ					
mM		mM	mM	mM		mM	mM		KG		
15	23	12	5	4	2	1,5	12	0,70	100	Zonder onderlegplaten.	2,70
20	28	15	7,5	6	2	2	15	1,00	250		3,—
25	38	18o	10	8	2	2	18	2,00	500		3,30
30	45	20	11	9	4	2	20	2,70	750		3,90
35	50	22	12	10	4	2	27	3,77	1 000		4,20
40	60	25	14	12	4	2,5	30	5,00	1 500	Met onderlegplaten.	5,10
45	67	30	17	14	4	3	35	7,10	2 000		6,30
50	90	35	22	17,5	6	3	38	11,11	3 000		7.50
55	110	40	24	21	6	4	40	16,50	4 000		9,60
60	118	45	26	23	6	4	46	19,00	5 000		11,40
65	125	45	28	24	6	4	53	24,00	6 000		12,90
70	150	50	32	26	8	4,5	53	31,50	7 500		15,—
80	165	60	34	30	8	4,5	65	34,00	10 000		17,40
85	180	65	35	31	8	5	70	44,8	12 500		18,90
90	195	70	38	34	8	5,5	75	51,1	15 000		21,30
100	208	75	40		8	6	80	58,1			26,70
110	215	80	43	38	8	6	85	74,4	20 000		33,—
120	235	90	45	40	8	6,5	100	83,3	25 000		39,—
130	255	100	50	45	8	7	106	100	30 000		42,—

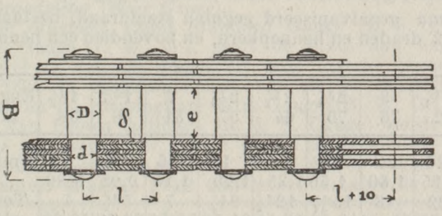


Fig. 3.

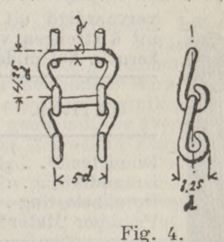


Fig. 4.

Hakenkettingen (fig. 4) van Vaucanson worden gebruikt als drijfkettingen voor kleinere krachten.

IJzer- en staaldraadtouw.

Het draadtouw wordt gemaakt van gegloeid houtskoolijzer of Bessemerstaal (40 KG/mM² vastheid), blank getrokken bessemerdraad (60—65 KG/mM² vastheid), zacht patent gietstaaldraad (90—100KG/mM² vastheid) of hard patent gietstaal-

draad (120—180 KG/mM²). De kabel is leniger, wanneer zij uit een grooter aantal dunnere draden is samengesteld en nog meer, wanneer zij een hennepkern bevat.

Is d de dikte in cM en P het draagvermogen, dan is voor *ijzerdraadtouw* de toe te laten belasting 200 KG per cM² dwarsdoorsnede van het touw of

$$P = 157\ d^2 \text{ of } d = 0{,}0799 \sqrt{P}$$

Voor *staaldraadtouw* is de toe te laten belasting 400 KG per cM² of

$$P = 314\ d^2 \text{ of } d = 0{,}0565 \sqrt{P}$$

De middellijn der katrollen of trommels moet minstens gelijk zijn aan 20d; in den regel gelijk aan 20—26 d; voor snel gebruik minstens 40 d.

Bij het loopen over schijven of rollen treden in de kabels buigspanningen op. Is δ de draaddikte van den kabel, dan is de spanning, waarmede de toe te laten spanning moet worden verminderd:

$$S_1 = c\,\frac{\delta}{D}\,E, \text{ waarin}$$

D = diameter van de schijf (zoo mogelijk $D \geqq 1000\ \delta$)

B = elasticiteitscoëfficiënt van het materiaal van den kabel (voor staaldraad 2 150 000 KG/cM²).

Volgens *Bach* is c = ³/₈; volgens anderen ½ tot 1, als b.v. de kabels in tegengestelde richtingen gebogen kunnen worden.

IJzerdraadtouw:

Dikte in mM	7	9	10	11	12	13	14	15	16
Gewicht in KG	0,15	0,22	0,26	0,30	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80
Draagvermogen in KG	77	127	157	190	226	265	308	355	400
Dikte in mM	17	18	19	21	23	25	27	30	33
Gewicht in KG	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	1,80	2,30	2,80	3,40
Draagvermogen in KG	455	510	570	690	830	980	1 150	1 400	1 700
Dikte in mM	35	37	40	45	50	55	60		
Gewicht in KG	4,10	4,50	5,35	6,35	7,70	9,30	11,20		
Draagvermogen in KG	1 900	2 150	2 500	3 200	3 950	4 750	5 650		

Staaldraadtouw.

Het staaldraadtouw, dat bij de marine wordt gebezigd, bestaat uit zes strengen, geslagen om een hart van jute, hennep of vezelstof; elke streng bevat 12 gegalvaniseerde draden van eenzelfde nummer, welke om een plantaardigen hartdraad moeten zijn geslagen.

Omtrek in mM	83	76	70	64	57	51	38	26
Breekkracht in KG	22 000	18 000	15 500	12 500	9 500	7 000	4 000	1 750

Bij de toepassing van staaldraadkabel neemt men *zes*voudige zekerheid of ¹/₆ van de opgegeven breekkracht.

Afmetingen en prijzen van prima gegalvaniseerd staaldraadtouw, (fig. 5).

vervaardigd uit prima gegalvaniseerd gegoten staaldraad, bestaande uit 6 strengen van 12 draden en hennepkern, en bovendien een hennepkern in het midden.



Fig. 5.

OMTREK	3¼ 82	3 76	2¾ 70	2½ 64	2¼ 57	2 51	1¾ 46	1½ 38	Eng. d. mM
Diameter	26	24	22	20	18	16	14	12	mM
Draaddikte	1,75	1,60	1,50	1,35	1,20	1,10	0,95	0,80	,,
Breukbelasting	22	18	15½	12½	9½	7	5½	4	Ton.
Prijs per Meter*)	58,50	54,—	49,50	42,50	31,50	26,50	22,00	19,00	gld.

OMTREK	1¼ 32	1¹/₈ 28	1 25	⁷/₈ 22	¾ 19	⁵/₈ 15	½ 13	³/₈ 10	Eng. d. mM
Diameter	10	9	8	7	6	5	4	3	mM
Draaddikte	0,65	0,60	0,55	0,45	0,40	0,34	0,26	0,20	,,
Breukbelasting	2½	2	1¾	1½	1	0,75	0,45	0,30	Ton
Prijs per Meter*)	16,50	14,50	13,50	13,50	13,00	12,00	11,00	9,00	gld.

*) Vóór den oorlog.

Voor het splitsen van staaldraadtouw wordt berekend:

voor touwdikten van 1—14 mM	f 0,45	per splits
„ „ „ 16—20 „	- 0,60	„ „
„ „ „ 22—25 „	- 1,50	„ „

Verzinkt kroezenstaaldraadtouw.

Dikte in mM	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
prijs p. 100 M in Gld. *)	4,80	5,10	5,70	6,—	6,90	7,20	7,50	9,—	9,60	10,80	12,60	15,60	18,—

Koper- en messingdraadtouwen.

Dikte in mM	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
prijs p M in Gld. *)	0,05	0,06	0,085	0,10	0,12	0,145	0,16

Kousen van stalen reepen (fig. 6). Volgens opgave Haarl. Mach. fabriek voorh. Gebr. Figée:

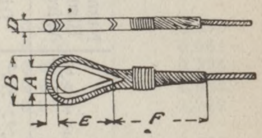


Fig. 6.

Reepdikte mM	A mM	B mM	C mM	D mM	E mM	F mM
8	35	58	15	15	42	100
10	36	70	16	16	52	200
12	40	82	19	20	62	220
14	50	95	23	25	72	230
16	60	108	26	27	87	250
18	63	115	27	28	90	300
20	65	115	32	30	95	350
22	67	127	34	33	100	400
24	80	154	39	41	118	460
26	90	166	41	42	120	500
28	92	168	42	44	130	550
30	95	180	46	45	140	620
32	105	180	48	45	142	730
34	110	215	60	48	160	800

IJzer- en Staaldraad.

Draadmeter (*Wire Gauge*).

De officieele Legal Standard Gauge (L. S. G.), ook wel genaamd Imperial Wire-Gauge (I. W. G.), geeft de dikte aan van draad en van metaalplaten, zoowel als van de pijpen uit deze laatste vervaardigd. Deze draadmeter werd in 1884 in Engeland ingevoerd ter vervanging van de oudere Wire Gauges, waarvan de Birmingham Wire Gauge (B. W. G.) het meest in gebruik was. Ook die van Brown & Sharp (B. & S. Gauge) wordt veel genoemd. De overeenkomstige nummers I. W. G. en B. W. G. verschillen weinig. Zoowel in Engeland als in andere landen wordt nu de I. W. G. veelal gevolgd. Voor de verschillende nummers daarvan geeft onderstaande tabel de dikte in millimeters aan.

I.W.G. No.	mM	No.	mM	No.	mM	No.	mM	No.	mM	No.	mM
7/0	12,70	4	5,893	14	2,032	24	0,559	34	0,234	44	0,081
6/0	11,79	5	5,385	15	1,829	25	0,508	35	0,213	45	0,071
5/0	10,97	6	4,877	16	1,625	26	0,457	36	0,193	46	0,061
4/0	10,16	7	4,470	17	1,418	27	0,417	37	0,173	47	0,051
3/0	9,45	8	4,064	18	1,228	28	0,376	38	0,152	48	0,041
2/0	8,84	9	3,658	19	1,016	29	0,345	39	0,132	49	0,030
0	8,23	10	3,251	20	0,914	30	0,315	40	0,122	50	0.025
1	7,62	11	2,946	21	0,812	31	0,295	41	0,112		
2	7,01	12	2,642	22	0,711	32	0,274	42	0,102		
3	6,40	13	2,337	23	0,609	33	0,254	43	0,091		

*) Vóór den oorlog.

2/0, 0/2 wordt ook geschreven No. 00.

In Frankrijk bezigt men voor dikke draden de „Jauge décimale" en voor dunne draden de „Jauge carcasse" en voor ijzerdraden de „Jauge de Limoges"

Gegalvaniseerd ijzerdraad.

Het in den handel zijnde draad loopt van No. 0 tot 25 B.W.G.

Nummer der Birmingham Wire gauge	Dikte in mM	Gewicht per 100 Meter in KG	Nummer der Birmingham Wire gauge.	Dikte in mM	Gewicht per 100 Meter in KG
2/0	9,4	551,6	17	1,472	12,2
0	8,8	480,8	18	1,244	8,9
1	7,620	360,6	19	1,066	6,2
2	7,213	306,0	20	0,888	5,0
3	6,578	263,5	21	0,812	4,0
4	6,045	224,0	22	0,761	3,1
5	5,588	188,7	23	0,634	2,24
6	5,156	156,0	24	0,558	1,88
7	4,572	132,0	25	0,507	1,56
8	4,191	109,8	26	0,457	1,30
9	3,759	90,0	27	0,406	0,96
10	3,403	71,8	28	0,355	0,82
11	3,048	59,8	29	0,330	0,69
12	2,768	49,0	30	0,304	0,58
13	2,413	38,90	31	0,26	0,41
14	2,108	24,48	32	0,24	0,35
15	1,828	20,1	33	0,22	0,29
16	1,650	15,9	34	0,20	0,24

Prijzen:

Blank ijzerdraad vóór den oorlog per KG f 0,10 tot f 0,18 (hoe zwaarder hoe duurder).

Gegloeid ijzerdraad per KG f 0,01 meer; in 1919 f 1,— tot f 1,75 per KG.

Verkoperd ijzerdraad per KG f 0,05 meer.

Gegalvaniseerd ijzerdraad vóór den oorlog per KG f 0,12 tot f 0,22 (hoe zwaarder, hoe duurder); in 1919 f 1,20 tot f 1,85 per KG.

„ prikkeldraad vóór den oorlog per 100 KG f 10,— tot f 10,50; in 1919 f 0,40 per KG.

„ puntdraad (Amerikaansch) vierpuntig; vóór den oorlog per 100 KG f 15,—.

Staaldraad.

Men heeft in den handel *veerenstaaldraad, staaldraad voor fijne gereedschappen* (zg. *voetstaaldraad*) en staaldraad voor allerlei doeleinden.

Het *veerenstaaldraad* mag niet ruw of roestig zijn en moet in ringen of rechte staven zonder kleine bochten worden afgeleverd.

Men beproeft het, door een spiraalveer van verlangde maat te maken, deze te harden en daarna gedurende 6 uur in samengedrukten toestand te laten staan met de slagen op elkaar. Wordt de veer dan ontspannen, dan mag zij niet noemenswaard korter zijn geworden. Het moet verder overal even dik zijn.

Het zg. voetstaal moet een zeer harde fijne gereedschapstaalsoort zijn, die zeer hard en daarbij toch taai gemaakt kan worden.

Gewicht van ijzer-, staal-, koper- en messingdraad.

(1000 M draad in KG)

Spec. gew.: Welijzer 7,65; Staal 7,956; Koper 9,—; Messing 8,867.

Dikte mM.	Welijzer.	Staal.	Koper.	Messing.
0,14	0,118	0,122	0,139	0,134
0,16	0,154	0,160	0,181	0,175
0,18	0,195	0,202	0,229	0,221
0,20	0,240	0,250	0,283	0,273
0,22	0,291	0,302	0,342	0,330
0,24	0,346	0,360	0,407	0,393
0,26	0,406	0,422	0,478	0,461
0,28	0,471	0,490	0,554	0,535
0,31	0,577	0,600	0,679	0,656
0,34	0,695	0,722	0,817	0,789
0,37	0,823	0,855	0,968	0,934
0,40	0,961	1,000	1,131	1,092
0,45	1,217	1,265	1,431	1,382
0,50	1,502	1,562	1,767	1,706
0,55	1,817	1,890	2,138	2,064
0,60	2,163	2,249	2,545	2,456
0,70	2,944	3,062	3,464	3,343
0,80	3,845	3,999	4,524	4,367
0,90	4,867	5,061	5,726	5,526
1,00	6,008	6,249	7,069	6,823
1,10	7,270	7,561	8,553	8,256
1,20	8,652	8,998	10,18	9,825
1,30	10,154	10,560	11,95	11,53
1,40	11,78	12,25	13,86	13,37
1,60	15,38	16,00	18,10	17,46
1,80	19,47	20,25	22,90	22,11
2,00	24,03	25,00	28,28	27,29
2,20	29,08	30,24	34,21	33,03
2,50	37,55	39,05	44,18	42,65
2,80	47,10	48,99	55,42	53,47
3,10	57,74	60,05	67,93	65,55
3,40	69,46	72,23	81,71	78,85
3,80	86,76	90,02	102,1	98,52
4,20	105,99	110,23	124,7	120,3
4,60	127,14	132,22	149,6	144,4
5,00	150,21	156,22	176,7	170,6
5,50	181,75	189,02	213,8	206,4
6,00	216,30	224,95	254,5	245,6
6,50	253,85	264,01	298,6	288,3
7,00	294,41	306,19	346,4	334,3
7,60	347,04	360,92	408,3	394,1
8,20	404,00	420,16	475,3	458,8
8,80	465,28	483,89	547,4	528,4
9,40	530,89	552,13	624,6	602,9
10,00	600,83	624,86	706,9	682,3

Koperdraad.

Rood koperdraad (Handelsmaten).

I. W. G.	mM	Gewicht van 1 KM draad in KG.	I. W. G.	mM	Gewicht van 1 KM draad in KG.
No. 7/0	12,700	1129	No. 13	2,337	38,3
,, 6/0	11,785	974	,, 14	2,032	28,8
,, 5/0	10,973	847	,, 15	1,829	23,4
,, 4/0	10,160	700	,, 16	1,626	18,5
,, 3/0	9,449	625	,, 17	1,422	14.1
,, 2/0	8,839	547	,, 18	1,219	10,9
,, 0	8,229	474	,, 19	1,016	7,27
,, 1	7,620	406	,, 20	0,914	5,84
,, 2	7,010	344	,, 21	0,813	4,63
,, 3	6,401	287	,, 22	0,711	3,53
,, 4	5,893	243	,, 23	0,610	2,60
,, 5	5,385	204	,, 24	0,559	2,18
,, 6	4,877	166	,, 25	0,508	1,80
,, 7	4,470	140	,, 26	0,457	1,46
,, 8	4,064	116	,, 27	0,416	1,21
,, 9	3,658	93,7	,, 28	0,376	0,98
,, 10	3,251	73,9	,, 29	0,345	0,83
,, 11	2,946	60,9	,, 30	0,315	0,69
,, 12	2,642	48,8			

Rood koperdraad is in iederen anderen diameter te leveren.

Geel koperdraad.

Dezelfde nummers en dikten als rood koperdraad.
Het gewicht is dat van rood koperdraad vermenigvuldigd met 0,964.

Prijzen.

Deze waren vóór den oorlog zeer schommelend, en gemiddeld voor:
rood koperdraad . . . . per KG f 1,25
geel- en zwart koperdraad . . . . ,, ,, - 1,—
stucadoordraad . . . . ,, ,, - 1,25
Begin 1920 was de prijs voor electrolytisch hard getrokken blank rood koperdraad in handelsringen van 6, 10, 16, 25 en 35 mM² ongeveer f 2,10 per KG.

Touwwerk.

Henneptouw.

Is de omtrek = s (in cM), de dikte = d (in cM), het gewicht per 100 meter = G (in KG), en het draagvermogen = P (in KG), dan is voor *ongeteerd* (*wit* touw met toe te laten belasting 100 à 110 KG per cM^2 dwarsdoorsnede van het touw, het draagvermogen.

$$P = (100 \text{ à } 110) \times \tfrac{1}{4} \pi d^2 \text{ of } P = 79 d^2 \text{ en } d = 0{,}1125 \sqrt{P}.$$
$$\text{of ook: } P = 8 s^2 \text{ en } s = 0{,}3536 \sqrt{P}.$$

Voor *geteerd* of voor *nat* touw is de toe te laten belasting 75 à 85 KG per cM^2 dwarsdoorsnede van het touw, dus

$$P = (75 \text{ à } 85) \times \tfrac{1}{4} \pi d^2, \text{ of: } P = 64 d^2 \text{ en } d = 1{,}1250 \sqrt{P}.$$
$$\text{of ook: } P = 6{,}5 s^2 \text{ en } s = 0{,}3922 \sqrt{P}.$$

Geteerde touwen zijn 15 à 20% zwaarder en 20—32% minder sterk dan dezelfde ongeteerde of witte touwen.

Voor alle soorten van touwen is het draagvermogen bij groote benadering gelijk aan 1000 maal het gewicht per Meter lengte te stellen; bij geteerde touwen ongeveer 600 maal.

Middellijn van de katrollen of trommels minstens 6 d à 8 d; idem voor snel gebruik minstens 30 d à 50 d.

Tabel van gewicht per 100 M (G) en draagvermogen (P) van verschillende henneptouwdikten.

Omtrek	Dikte	Wit		Geteerd		Omtrek	Dikte	Wit		Geteerd	
		G.	P.	G.	P.			G.	P.	G.	P.
cM	cM	KG	KG	KG	KG	cM	cM	KG	KG	KG	KG
2,5	0,8	6	50	8	41	8,5	2,7	52	580	60	470
3	0,95	8	72	10	59	9	2,85	58	650	68	530
3,5	1,1	9	98	11	80	9,5	3,0	65	720	76	590
4	1,25	10	130	13	105	10	3,2	74	800	87	650
4,5	1,45	15	160	18	130	11	3,5	85	970	98	790
5	1,6	19	200	22	160	12	3,8	105	1150	127	940
5,5	1,75	21	240	25	195	14	4,45	145	1550	170	1250
6	1,9	28	290	31	235	16	5,1	190	2050	220	1650
6,5	2,05	31	340	36	275	18	5,75	235	2600	275	2100
7	2,25	35	390	40	320	20	6,35	280	3200	335	2600
7,5	2,4	40	450	47	365	22	7,0	345	3900	410	3100
8	2,55	46	510	53	415	24	7,65	410	4600	490	3700

Touwwerk van Manilla- en Nieuw-Zeeland-hennep heeft draden met breekkracht van 60 tot 130 KG per draad en een gewicht van 1 KG per draad van 200 Meter lengte. Het Indische witte manillatouw, te Kediri vervaardigd, heeft algemeen een breukbelasting van 400 KG per cM^2; een tros van 35 mM dikte brak bij een belasting van 1970 KG.

Manillahennep is beter bestand tegen zeewater en weersinvloeden dan andere daarop gelijkende vezels en kan daarvan onderscheiden worden door het goed uitgewasschen touw in oplossing van bleekpoeder te leggen met toevoeging van een weinig

azijn. Spoelt men het dan uit in water en dan in alkohol en stelt men het dan ten slotte bloot aan ammoniakdampen, dan wordt het manillahennep roodachtig bruin, terwijl andere vezels kersrood worden.

Keuring van touwwerk.

Het touw moet in ongeteerden of ongetaanden toestand worden gekeurd.

Het touwwerk moet zijn gemaakt van lange fijne, zuivere hennep en sterk doch niet duf ruiken. Het aanzien moet glad en glanzend zijn en niet wollig of vezelachtig.

Het touw moet overal gelijk van dikte en gelijkmatig gedraaid zijn.

Het teren moet geschieden met bruine teer, het tanen met zuivere run, waarbij geen gebruik gemaakt mag worden van caoutchouc. Het tanen of teren moet tot in het hart geschieden.

Prijzen van verschillend touwwerk (vóór den oorlog).

Manillakabels en looptrossen . . . . f 0,52 tot f 0,85 per KG
Half Manilla- en half Nieuw-Zeeland-kabels en looptrossen - 0,49 per KG
Nieuw-Zeeland-kabels en looptrossen . . . . - 0,46 ,, ,,
Manillalijnen . . . . - 0,60 tot f 0,89 per KG
Nieuw-Zeeland Manillalijn . . . . - 0,50 per KG
Jacht Manilla touwwerk . . . . - 0,89 ,, ,,
Geteerd hennep-touwwerk:
Loopend touwwerk, kabels en lijktrossen . . . . . . - 0,43—0,46 per KG
Valreeptrossen . . . . - 0,44—0,47 ,, ,,
Lijnen 15, 12, 9 en 6 draads . . . . - 0,47—0,50 ,, ,,
Dun Schiemansgaren 2 en 3 draads . . . . - 0,41—0,44 ,, ,,
Dik ,, 2 en 3 ,, ... - 0,38—0,41 ,, ,,
Stiklijnen . . . . - 0,65—0,70 ,, ,,
Huizing en marlijn. . . . . - 0,65—0,70 ,, ,,
Strikgaren . . . . - 0,41 ,, ,,
Balkgaren . . . . - 0,39 ,, ,,

Ongeteerd hennep-touwwerk f 0,04 tot f 0,05 per KG duurder.

Italiaansch touwwerk f 0,20 tot f 0,22 per KG duurder.

Hercules touwwerk, bestaande uit stalen binnendraden met touwbekleeding:

Omtrek in duimen	2	2½	3	3½	4
Prijs	f 0,35	f 0,45	f 0,55	f 0,65	f 1,—.

Gewicht en prijzen van Manilla-Nieuw-Zeeland paktouw en schoovengaren, geleverd in 2, 3 en 4 draadsdikten op kluwen van 3 tot 15 KG.:

	Gewicht per 100 M in KG	Prijs per KG
4 draads dik	3,20	0,59
4 ,, middel	2,40	0,62
4 ,, dun	1,90	0,65
3 ,, dik	·2,50	0,59
3 ,, middel . . .	1,90	0,62
3 ,, dun	1,55	0,65
2 ,, dik	1,75	0,59
2 ,, middel . . .	1,40	0,62
2 ,, dun	1,10	0,65
schoovengaren		0,48—0,62

Steigertouwen (Prijs per 100 stuks):

lengte	4	4,5	5	5,5	6 Meter.
nummer 2	15,15	17,—	19,25	20,80	22,60 gulden.
,, 3	19,25	21,45	23,60	26,—	28,30 ,,
,, 4	22,60	26,50	29,50	32,40	35,40 ,,

Getaand, gecarbolineerd of geteerd 15% hooger.
Belgische en Duitsche touwen 20% lager.

Reepen, tuien, stroppen:

prijs per Meter	0,10	0,12	0,15	0,19	0,24	0,30	0,37	0,45	0,54	gld.
middellijn	12½	15	17½	20	22½	25	27½	30	32½	mM

Opbindtouwen van 7—10 Meter en lijnen, no. 2 f 3,75, no. 3 f 4,80, no. 4 f 5,90 per 100 Meter.

Metselkoord f 3,— per KG.

Raamkoord in rollen van 100—50 en 25 Meter.

diameter	4	5	6	7	8	9	10	11	mM
prijs	2,—	2,25	2,75	3,25	4,—	4,75	5,75	7,—	gulden per 100 M.

Rolluik- en *Jalousieband* vanaf f 10,— per 100 M.

Klink- en schroefbouten, schroeven, enz.

Klinknagels.

De Normalisatie-hoofdcommissie ingesteld door de Mij. van Nijverheid en het Kon. Inst. v. Ing. heeft in 1917 een normalisatie vastgesteld voor klinknagels, waaraan het volgende is ontleend:

Als normale klinknagels zijn aangenomen de volgende typen:

N.A.	Klinknagels voor bruggen en ander constructiewerk . .	(10 steeldikten)
N.B.	Klinknagels voor stoomketels en ander dicht werk . . .	(8 steeldikten)
N.C.	Klinknagels als N.B. met kookrand	(6 steeldikten)
N.D.	Conische klinknagels met verdikten steel onder den kop (olienagels)	(5 steeldikten)
N.E.	Conische klinknagels	(8 steeldikten)
N.F.	Klinknagels met platten, geheel verzonken kop	(10 steeldikten)
N.G.	Klinknagels met diepen, geheel verzonken kop	(8 steeldikten)
N.H.	Klinknagels met bolrond verzonken kop	(8 steeldikten)

Formules, waarin de afmetingen van den klinknagelkop in functie van de steeldikte zijn uitgedrukt, zijn niet toegepast.

Bij de normale klinknagels zijn de volgende afmetingen van den klinknagelkop in geheele of halve millimeters juist uitgedrukt:

d = normale middellijn van den klinknagelsteel, gemeten op 5 millimeter onder den kop of onder het begin van den kegel van of onder den kop.
D = middellijn (grootste) van den kop.
H = hoogte van den kop.

De straal R van den bol bij den bolvormigen kop en bij de afronding van den bolrond verzonken kop, is aangegeven nauwkeurig in tiende millimeters.

De straal R is in elke steeldikte voor de klinknagelkoppen N.A., N.B. en N.C. gelijk.

De kopvorm N.B. ontstaat, wanneer de klinknagelkop N.C. van den kookrand ontdaan is.

De hoogte van den kop is bij de klinknagels N.B. en N.C. dezelfde als bij de klinknagels N.E. en N.D.

De middellijn van den kop D is:

bij de klinknagels N.A. dezelfde als bij de klinknagels N.G.;
bij de klinknagels N.B. dezelfde als bij de klinknagels N.D.;
bij de conische klinknagels N.E. dezelfde als bij de klinknagels N.F.

De kegelvormigheid van de verdikking van den steel onder den kop: ∽ 14° bij de klinknagels N.D. en die van den verzonken kop: ∽ 75° bij de klinknagels N.F. wordt bepaald door de voor elk der steeldikten ingeschreven maten; zij is voor de verschillende steeldikten slechts benaderend dezelfde.

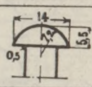
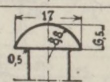
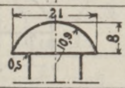
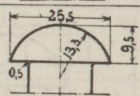
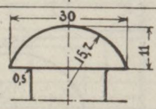
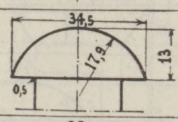
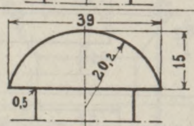
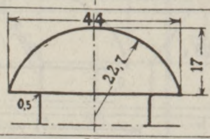
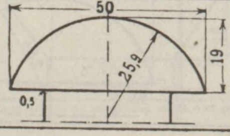
De kegelvormigheid van den verzonken kop: ∽ 53° bij de klinknagels N.G. en N.H. is voor de verschillende steeldikten dezelfde. De vermelde hoek van 53° is afgerond in geheele graden.

De opgave (laatste kolom der tabellen): ,,Gewicht van 100 koppen" betreft het gewicht van den klinknagelkop, voor zoover deze uitsteekt buiten het gat, met dien verstande, dat het gewicht van het kegelvormige gedeelte van den kop, hetwelk de verzinking van het gat vult, niet als kop is gerekend.

De opgave dient in het bijzonder ter berekening van de gewichtstoename van het geklonken werk ten opzichte van de stukken, vóórdat daarin de gaten voor de klinknagels zijn aangebracht.

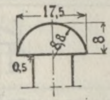
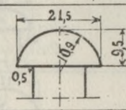
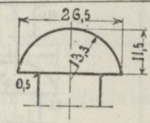
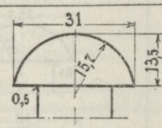
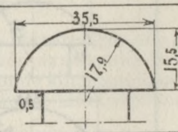
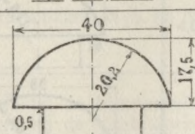
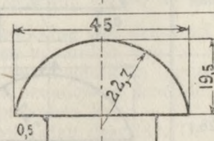
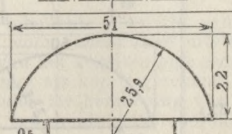
MIJ. VAN NIJVERHEID. KON. INST. v. INGENIEURS.

NORMALE KLINKNAGELS VOOR BRUGGEN EN ANDER CONSTRUCTIEWERK. N.A.

Middellijn klinknagel-GAT. O mM.	STEEL- middellijn in mM. Gemeten 5 mM. onder den kop.			KOP.			GEWICHT van 100 koppen in KG.
	d.	d_1 minimum.	d_2 maximum.	VORM.	BUITEN-middellijn mM.	HOOGTE mM.	
6.5	6	5,8	6,2		11	4,5	0,2
8.5	8	7,8	8,2		14	5,5	0,4
10.5	10	9,8	10,2		17	6,5	0,7
13.5	13	12,8	13,2		21	8	1,3
17	16	15,8	16,2		25,5	9,5	2,3
20	19	18,7	19,3		30	11	3,6
23	22	21,7	22,3		34,5	13	5,7
26	25	24,7	25,3		39	15	8,4
29	28	27,6	28,4		44	17	12,2
33	32	31,6	32,4		50	19	17,5

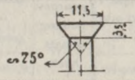
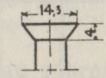
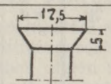
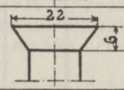
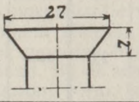
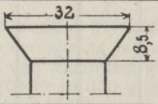
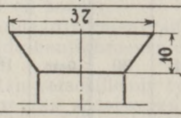
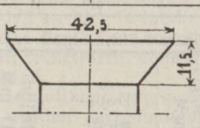
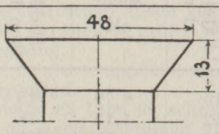
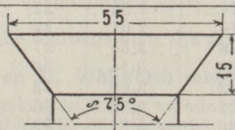
MIJ. VAN NIJVERHEID. KON. INST. v. INGENIEURS.

NORMALE KLINKNAGELS VOOR STOOMKETELS EN ANDER DICHT WERK. N.B.

Middellijn klinknagel-GAT. O mM.	STEEL. middellijn in mM. Gemeten 5 mM. onder den kop.			KOP.			GEWICHT van 100 koppen in KG.
	d.	d_1 minimum.	d_2 maximum.	VORM.	BUITEN-middellijn mM.	HOOGTE mM.	
10.5	10	9,8	10,2		17,5	8	1,0
13,5	13	12,8	13,2		21,5	9,5	1,7
17	16	15,8	16,2		26,5	11,5	3,1
20	19	18,7	19,3		31	13,5	5,0
23	22	21,7	22,3		35,5	15,5	7,6
26	25	24,7	25,3		40	17,5	10,8
29	28	27,6	28,4		45	19,5	15,2
33	32	31,6	32,4		51	22	22,0

MIJ. VAN NIJVERHEID. KON. INST. v. INGENIEURS.

NORMALE KLINKNAGELS MET PLATTEN GEHEEL VERZONKEN KOP. N.F.

Middellijn klinknagel-GAT. O mM.	STEEL-middellijn in mM. Gemeten 5 mM. onder den kop.			KOP.			GEWICHT van 100 koppen in KG. *)
	d.	d_1 minimum.	d_2 maximum.	VORM.	BUITEN-middellijn mM.	HOOGTE mM.	
6,5	6	5,8	6,2		11,5	3,5	0
8,5	8	7,8	8,2		14,5	4	0
10,5	10	9,8	10,2		17,5	5	0
13,5	13	12,8	13,2		22	6	0
17	16	15,8	16,2		27	7	0
20	19	18,7	19,3		32	8,5	0
23	22	21,7	22,3		37	10	0
26	25	24,7	25,3		42,5	11,5	0
29	28	27,6	28,4		48	13	0
33	32	31,6	32,4		55	15	0

*) Het gewicht van den kegelvormigen kop in de verzinking wordt niet gerekend.

Eischen, waaraan het materiaal der klinknagels moet voldoen.

(d = steelmiddellijn).

SOORT en AANDUIDING van het MATERIAAL	TREKPROEF. BREEK-SPANNING in KG. per mM^2. Minimum.	TREKPROEF. BREEK-SPANNING in KG. per mM^2. Maximum	TREKPROEF. REK over de meet-lengte = 200 mM. in Pct. Minimum.	KOUDE BUIGPROEF. DIKTE van de kern waarom buiging plaats heeft.	KOUDE BUIGPROEF. BUIG-HOEK in graden. Minimum.	STUIKPROEF (ROODWARM). LENGTE PROEF-STUK.	STUIKPROEF (ROODWARM). LENGTE na het op-stuiken.	BIJZONDERE PROEVEN MET GEREEDE KLINKNAGELS.
1a) II WELIJZER Klinkboutenijzer (fijn korrelig)" QUALITEIT 2 A.	38	-	20	½ d	180	2 d	⅔ d	„Van klinkbouten de „koppen uitsmeden bij „klinkhitte, tot eene dikte „van 2 tot 3 mM. „Klinkbout waaier-„vormig platsmeden tot „1/5 van de dikte; geen „andere dan kantscheur-„tjes mogen zich ver-„toonen."
2) III VLOEIIJZER „Klinkboutenijzer" QUALITEIT 1 C.	42	50	22	Geen	180	–	–	PROEF als 2 A.
3) III VLOEIIJZER „Klinkboutenijzer" QUALITEIT 1 D.	34	42	25	Geen	180	2 d	⅔ d	PROEF als 2 A.
4) VLOEIIJZER SIEMENS/MARTIN (zeer zacht materiaal).	30	34	30	Geen	180	2 d	⅔ d	PROEF als 2 A.

Normale Duitsche ijzeren klinknagels voor brug- en constructiewerk.

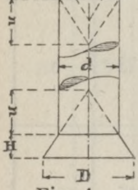


Fig. 1.

$R = d; r = \frac{d}{2}$

$H = {}^3/_8\, d$; $h = {}^1/_8\, d$;

$n = {}^3/_4\, d$; $D = 1{,}5\, d$.

Middellijn (dikte) nagel d mM	Doorsnede cM^2	Middellijn kop D mM	Hoogte verzonken kop H mM	Gewicht van 1000 klinknagelkoppen. rond KG	Gewicht van 1000 klinknagelkoppen. verzonken GK
10	0,79	15	3,75	4,52	3,64
12	1,13	18	4,5	7,82	6,29
14	1,54	21	5,25	12,41	9,98
16	2,01	24	6,0	18,53	14,90
18	2,54	27	6,75	26,38	21,21
20	3,14	30	7,5	36,19	29,10
22	3,80	33	8,25	48,17	38,73
24	4,52	36	9,0	62,54	50,28
26	5,31	39	9,75	79,51	63,93
28	6,16	42	10,5	99,31	79,85
30	7,07	45	11,25	122,15	99,21

De boven aangegeven kegelvormige verzwaring van den boutkop (en dienovereenkomstig de verruiming in het boutgat) wordt tegenwoordig algemeen achterwege gelaten, daar door proefnemingen is gebleken, dat zij onnoodig is en dus alleen hinderlijk. De kop wordt wel zwaarder genomen b.v. D = 1,6 à 1,7 d en de totale hoogte 0,6 à 0,67 d. bij ketelnagels D = 1,8 d en H = 0,7 d.

Andere ijzeren klinknagels dan normale worden met nummers opgegeven; bij elk nummer behoort een bepaalde dikte en lengte. Bij deze klinknagels variëert de kopmiddellijn van 1,5 tot 2 maal de dikte van den steel.

De lengte van den steel, ten behoeve van den kop, is voor de bouten, welke met den snapper worden geklonken, ongeveer 1,6 tot 1,8 maal de steeldikte. Verzonken koppen vorderen een boutlengte van 1,3 tot 1,5 maal de steeldikte.

Voor de bepaling van de gewichten van klinkbouten kan worden gebruik gemaakt van de tabel voor rondijzer, wanneer de lengte van den steel tusschen de twee boutkoppen wordt vermeerderd met 1,5 maal de steeldikte.

De prijs varieert van f 0,20 voor de grootere tot f 0,40 per KG voor de kleinere.

Gegalvaniseerde klinknagels, met ringen dik $^{3}/_{16}$ en $^{1}/_{4}$ Eng. dm., per KG van f 0,50 tot f 0,60.

Schroeven en schroefdraad.

Bewegings- en drukschroeven hebben meestal meervoudigen vlakken trapeziumvormigen of ronden schroefdraad; bevestigingsschroeven bijna altijd enkelvoudigen, scherpen schroefdraad. De laatste hebben alleen rechtschen schroefdraad.

De *Engelsche of Whitworthsche* (B. S. W.) schroefdraad wordt nog het meest gebruikt, zooals bij gaspijpen (gasdraad); in Duitschland komt algemeen de *metrische* (S. I.) schroefdraad in zwang, terwijl Amerika het *Sellers*-systeem van schroefdraad heeft.

De Normalisatie-hoofdcommissie, ingesteld door de Mij. van Nijverheid en het Kon. Inst. v. Ing. heeft in 1918 een normalisatie vastgesteld voor schroefbouten zooals deze als handelsartikel voorkomen. Hieraan wordt het volgende ontleend:

De afmetingen zijn bepaald, zoowel voor den bewerkten (blanken) toestand als voor den onbewerkten (zwarten) toestand. Bij de schroefbouten met kop, afwijkend van den gewonen zeskanten en vierkanten vorm, is echter uitsluitend sprake van onbewerkte (zwarte) schroefbouten.

Ter beperking van het arbeidsveld besloot de Commissie zich te bepalen tot de normalisatie van: *Schroefbouten voor bevestiging met zeskante en vierkante moer van gewonen vorm*, en wel tot die, welke van algemeen gebruik zijn en gebezigd worden in constructiewerken in den werktuigbouw in den uitgebreidsten zin van het woord, doch met steelmiddellijn van 6 mM en hooger.

Buiten de thans vastgestelde standaardvormen vallen schroefbouten en moeren van meer bijzonderen vorm, zoomede houtschroeven en schroeven, welke in de instrumentmakerij toepassing vinden.

Wel zijn als speciale schroefbouten verschillende typen wagenschroefbouten en schroefbouten voor den bovenbouw van spoorwegen opgenomen, welke soorten in groote aantallen toepassing vinden en hier te lande vervaardigd worden.

Ten aanzien van den schroefdraad heeft de Commissie zich gehouden aan den schroefdraad volgens het stelsel van Whitworth, zoowel voor den gewonen schroefdraad als voor den fijnen schroefdraad.

Hieruit vloeit voort, dat bij de afmetingen van den schroefdraad zelf de Engelsche maten onveranderd moesten worden vastgehouden.

Met den normalen Whitworth-schroefdraad alleen kan in den machinebouw niet worden volstaan, daar deze in vele gevallen te grof is. Voor die gevallen vindt de fijne schroefdraad (B. S. F.) toepassing.

De metrische draad (S. I.) vond evenzeer opname, waar toch wellicht voor dezen draad een groote toekomst is weggelegd.

Voor laatstbedoeld geval is slechts als type de schroefbout met zeskanten kop en zeskante moer uitgewerkt in de steelmiddellijnen van de meest voorkomende grootte.

De volgende typen van normale schroefbouten zijn genormaliseerd:

Groepen I en II. Whitworth schroefdraad.

N.A. (N.A.F. Schroefbout met zeskanten kop en zeskante moer. . . 22 steeldikten
N.B. Schroefbout met vierkanten kop en vierkante moer . . . 8 ,,

N.C. Schroefbout met bolkop met nok en zeskante moer . . . . 8 steeldikten
N.D. Schroefbout met platten, geheel verzonken kop met nok en zeskante moer . . . . 8 ,,
N.E. Schroefbout met diepen, geheel verzonken kop met nok en zeskante moer . . . . 8 ,,
N.F. Schroefbout met bolrond verzonken kop met nok en zeskante moer . . . . 8 ,,
N.G. Schroefbout met diepen, bolrond verzonken kop met nok en zeskante moer . . . . 8 ,,
N.H. Schroefbout met platten bolkop en vierkante (slotschroef) en zeskante moer . . . . 5 ,,
N.I. Wagenschroefbout met langwerpig vierkanten kop en zeskante moer . . . . 3 ,,
N.K. Wagenschroefbout met langwerpig vierkanten, verzonken kop en zeskante moer . . . . 3 ,,
N.L. Wagenschroefbout met platten, ronden kop en zeskante moer . 4 ,,
N.M. Laschbout voor spoorstaaf met bolkop en ovaal en zeskante moer . . . . 6 ,,
N.N. Laschbout voor spoorstaaf met bolkop en nok en zeskante moer 2 ,,
N.O. Laschbout voor spoorstaaf met bolkop en vierkante en zeskante moer . . . . 2 ,,
N.P. Laschbout voor spoorstaaf met vierkanten kop en ovaal en zeskante moer . . . . 1 steeldikte
N.Q. Klembout voor spoorstaaf met hamerkop en vierkant en zeszeskante moer . . . . 3 steeldikten

Groep III. Metrische schroefdraad.

N.A.M. Schroefbout met zeskanten kop en zeskante moer . . . 19 steeldikten

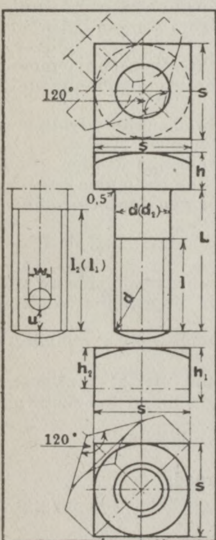
MIJ. VAN NIJVERHEID. KON. INST. v. INGENIEURS.

NORMALE SCHROEFBOUT MET VIERKANTEN KOP EN VIERKANTE MOER.

N.B.

MET WHITWORTH SCHROEFDRAAD (BRITISH STANDARD WHITWORTH)
B. S. W.

MATEN IN mM.



SCHROEFBOUT						VIERKANT	MOERHOOGTE	
Steel-middellijn 5 mM. onder kop maximum	Hoogte kop	LENGTE SCHROEFDRAAD			Splitpen-gat middellijn	Wijdte over platte kanten (middellijn ingeschr. cirkel)	Moer	Contra-moer
		Normaal	Met contra-moer	Met splitpen				
$d\ (d_2)$	h *	l	l_1	l_2	w	s **	h_1 *	h_2 *
6,3	5	20	25	25	2,5	13	6	5
8,3	6	20	25	25	3	15	8	6
10	7	20	30	30	4	18	10	7
13	9	25	35	35	5	23	13	10
16,5	11	35	45	45	5	27,5	16	12
19,5	13	35	50	50	6	32,5	19	14
22,5	16	40	55	50	6	37	22	17
25,5	18	40	60	55	7	42	25	19

De nauwkeurige afmetingen van den schroefdraad staan vermeld op blad 8.
De steellengte **L** wordt bepaald met behulp van de tabel op de bladen 19 en 20.
Afronding einde schroefbout bolvormig volgens straal = **d**.
u (minimum) = **w** in normalen schroefbout met vooraf geboord splitpengat.

*) De hoogte-maten **h** (kop), h_1 (moer) en h_2 (contramoer) zijn minima.
) De wijdte **s is afgerond in geheele (halve) millimeters.

MIJ. VAN NIJVERHEID. KON. INST. V. INGENIEURS.

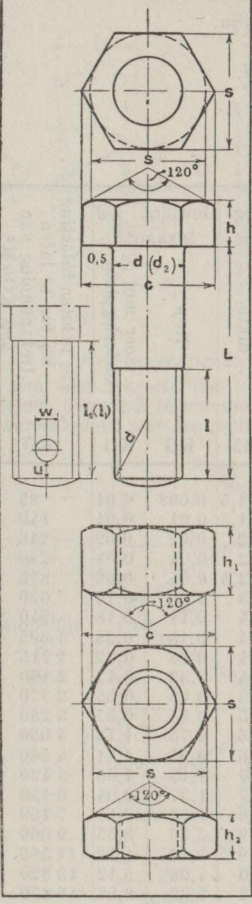
NORMALE SCHROEFBOUT MET ZESKANTEN KOP EN ZESKANTE MOER.

N.A.

MET WHITWORTH SCHROEFDRAAD (BRITISH STANDARD WHITWORTH)

B. S. W.

MATEN IN mM.



SCHROEFBOUT						ZESKANT		MOERHOOGTE	
Steel-middellijn 5 mM. onder kop maximum	Hoogte kop	LENGTE SCHROEFDRAAD			Splitpengat middellijn	Middellijn omgeschreven cirkel maximum	Wijdte overplatte kanten (middellijn ingeschr. cirkel)	Moer.	Contra-moer.
		Normaal	Met contramoer	Met splitpen					
$d\ (d_2)$	h *	l	l_1	l_2	w	c **	s **	h_1 *	h_2 *
6,3	5	20	25	25	2,5	15,5	13	6	5
8,3	6	20	25	25	3	17,5	15	8	6
10	7	20	30	30	4	20,5	18	10	7
13	9	25	35	35	5	27	23	13	10
16,5	11	35	45	45	5	32	27,5	16	12
19,5	13	35	50	50	6	38	32,5	19	14
22,5	16	40	55	50	6	43,5	37	22	17
25,5	18	40	60	55	7	49	42	25	19
28,5	20	45	65	60	7	54,5	46,5	28	21
32,5	22	50	75	65	8	60	51,5	32	24
38,5	27	60	90	80	9	70,5	60,5	38	29
45	31	65	100	85	10	81	69,5	44	34
51	36	75	110	95	10	92,5	79,5	51	39
58	40	85	–	–	–	104	89,5	57	–
64	44	90	–	–	–	114	98	63	–
77	53	105	–	–	–	133	114,5	76	–
90	62	120	–	–	–	–	–	–	–
103	71	135	–	–	–	–	–	–	–
116	80	145	–	–	–	–	–	–	–
129	89	165	–	–	–	–	–	–	–
142	98	175	–	–	–	–	–	–	–
155	107	190	–	–	–	–	–	–	–

De nauwkeurige afmetingen van schroefdraad en zeskant staan vermeld op blad 8.

De steellengte **L** wordt bepaald met behulp van de tabel op de bladen 19 en 20.

u (minimum) = **w** in normale schroefbout met vooraf geboord splitpengat.

Afronding einde schroefbout bolvormig volgens straal = **d**; met maximum pijl = 4 mM. Bij **d** = 28,5 mM. en daarboven afgeplat met hoogte = 4 mM.

*) De hoogte-maten h (kop), h_1 (moer) en h_2 (contramoer) zijn minima.

**) De zeskantmaten c en s zijn maten afgerond in geheele (halve) millimeters.

De in tabel vermelde afmetingen gelden ongewijzigd voor

NORMALE SCHROEFBOUT MET ZESKANTEN KOP EN ZESKANTE MOER.

N.A.F.

MET FIJNE SCHROEFDRAAD (BRITISH STANDARD FINE)

B. S. F.

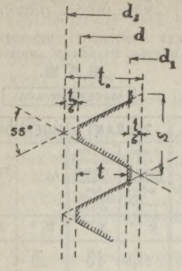


Fig. 2.

a. De Whitworthsche schroefdraad, (British Standard Whitworth Screw Thread) (fig. 2).

d_2 = boutmiddellijn.
d_1 = kernmiddellijn.
d = uiterste schroefmiddellijn.
s = spoed.
t = werkelijke draaddiepte.
t_0 = theoretische ,,
w = sleutelwijdte.

Uiterste schroefmiddellijn d.		Boutdiameter d_2	Kernmiddellijn d_1	Aantal gangen op 1 Eng. duim	Hoogte van de		Sleutelwijdte w	Onderlegplaatjes		Gewicht v/d zeskante		Toe te laten belasting bij toe te laten trekspanning van 480 KG/cM²
					Kop	Moer		middellijn	dikte	Kop	moer met onderlegplaat	
Eng. duim	mM	mM	mM		mM		mM	mM	mM	KG	KG	KG
¼	6,35	7	4,72	20	4	6	13	20	1,5	0,008	0,01	85
5/16	7,94	8	6,09	18	6	8	16	21	1,5	0,01	0,01	140
3/8	9,52	10	7,36	16	7	10	19	25	2	0,02	0,02	210
7/16	11,11	12	8,64	14	8	11	21	29	2	0,04	0,04	290
½	12,70	13	9,91	12	9	13	23	32	2,5	0,04	0,06	375
5/8	15,87	16	12,92	11	11	16	27	35	3	0,06	0,10	630
¾	19,05	20	15,74	10	13	19	33	43	4	0,11	0,18	940
7/8	22,22	23	18,54	9	15	22	36	50	4	0,18	0,28	1 305
1	25,40	26	21,33	8	18	25	40	55	4	0,25	0,37	1 715
1 1/8	28,54	29	23,87	7	20	29	45	58	4	0,32	0,47	2 160
1 ¼	31,75	32	26,92	7	22	32	50	65	5	0,42	0,65	2 770
1 3/8	34,92	35	29,46	6	24	34	54	70	5	0,55	0,87	3 280
1 ½	38,10	39	32,68	6	27	38	58	78	6	0,75	1,16	4 030
1 5/8	41,27	42	35,28	5	29	41	63	84	6	0,95	1,41	4 560
1 ¾	44,45	45	37,84	5	32	44	67	88	7	1,15	1,66	5 430
1 7/8	47,6	48	40,38	4,5	34	48	72	93	7	1,37	2,04	6 150
2	50,80	51	43,43	4,5	36	51	76	98	8	1,62	2,45	7 160
2 ¼	57,15	58	49,02	4	40	57	85	110	9	2,30	3,55	9 060
2 ½	63,50	64	55,37	4	45	64	94	121	9	3,10	4,72	11 560
2 ¾	69,85	70	60,45	3,5	49	70	103	134	10	4,08	6,12	13 820
3	76,20	77	66,80	3,5	53	76	112	145	12	5,32	8,98	16 870

b. De Sellersche schroefdraad.

De doorsnede van den draad is een gelijkzijdige driehoek, dus met 60° hoek. De spoed *s* in Eng. duim is

$$0{,}24 \sqrt{d + 0{,}625} - 0{,}175$$

of de verschillende maten herleid in millimeters:

$$s = 1{,}208 \sqrt{d + 16} - 4{,}43 \quad t_0 = 0{,}866\ s \quad t = 0{,}75\ t_0.$$

c. De metrische of Duitsche schroefdraad (fig. 3).

De spoed s is gelijk aan de theoretische draaddiepte t_o.

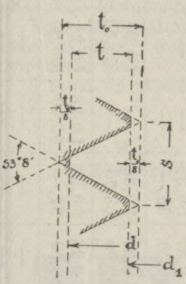


Fig. 3.

Middellijn d mM	Spoed s mM	Sleutel-wijdte w mM	Middellijn d mM	Spoed s mM	Sleutel-wijdte w mM
6	1	12	33	3,5	50
7	1	13	36	4	54
8	1,25	15	39	4	58
9	1,25	16	42	4,5	63
10	1,5	18	45	4,5	67
11	1,5	19	48	5	71
12	1,75	21	52	5	77
14	2	23	56	5,5	82
16	2	26	60	5,5	88
18	2,5	29	64	6	94
20	2,5	32	68	6	100
22	2,5	35	72	6,5	105
24	3	38	76	6,5	100
27	3	42	80	7	116
30	3,5	46			

d. Het internationale schroefdraadsysteem of S. I. schroefdraad (fig. 4).

Om den schroefdraad internationaal te doen zijn, zijn op initiatief van den Verein deutscher Ingenieure de volgende afmetingen (fig. 4) vastgesteld, welke vrijwel overeenkomen met den Sellerschen draad, maar met afgeronde hoeken.

Middellijn
d
mm

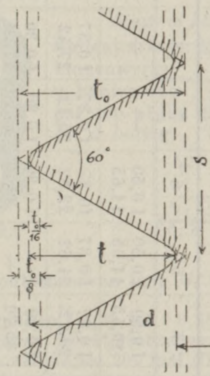


Fig. 4.

$t_0 = 0{,}866\ s$
$t = 0{,}75\ t_0 = 0{,}65\ s.$

Middellijn, spoed en sleutelwijdte als bij den metrischen schroefdraad.

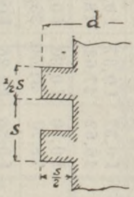


Fig. 5.

e. De vlakke schroefdraad (fig. 5).

Men neemt gewoonlijk: spoed s = 0,2 d.
draaddiepte t = 0,5 s.
moerhoogte minstens 1,5 d.

Gewichten en prijzen (vóór den oorlog) van moerbouten.

Dikte in Eng. dm.	LENGTE TUSSCHEN KOP EN MOER.																
	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	Eng. dm.
1/4	f 2,— 1,44	f 2,— 1,51	f 2,— 1,80	f 2,25 1,85	f 2,25 1,98	f 2,50 2,05	f 2,50 2,15	f 2,50 2,21	f 2,50 2,33	f 2,50 2,51	f 3,— 2,68	f 3,— 2,85	— —	f 3,— 3,19	f 3,— 3,36	f 3,— 3,53	p.100 st. KG
5/16	— —	— —	— —	f 2,35 2,52	f 2,50 2,92	— —	f 2,75 3,20	— —	f 3,— 3,51	f 3,25 3,76	f 3,50 4,—	f 3,75 4,30	— —	— —	— —	— —	p.100 st. KG
3/8	— —	f 0,50 4,—	f 0,50 4,65	f 0,50 4,70	f 0,50 4,85	f 0,50 5,—	f 0,50 5,15	f 0,50 5,40	f 0,50 5,65	f 0,50 6,15	f 0,50 6,45	f 0,50 6,75	f 0,50 6,95	f 0,50 7,25	f 0,50 7,55	f 0,50 7,85	
1/2	— —	— —	f 0,37 9,22	f 0,37 9,50	f 0,37 9,82	f 0,37 10,—	f 0,37 10,42	f 0,37 10,80	f 0,37 11,12	f 0,37 11,72	f 0,37 12,32	f 0,37 12,92	f 0,37 13,52	f 0,37 14,12	f 0,37 14,82	f 0,37 15,42	
5/8	— —	— —	— —	— —	f 0,30 18,30	— —	f 0,30 19,50	— —	f 0,30 20,60	f 0,30 21,70	f 0,30 22,80	f 0,30 23,80	f 0,30 23,80	f 0,30 24,80	f 0,30 26,70	f 0,30 27,70	
3/4	— —	— —	— —	— —	f 0,26 30,10	— —	f 0,26 31,40	— —	f 0,26 32,70	f 0,26 34,10	f 0,26 35,40	f 0,26 36,80	f 0,26 38,10	f 0,26 39,50	f 0,26 40,90	f 0,26 42,20	
7/8	— —	— —	— —	— —	— —	— —	f 0,26 47,10	— —	f 0,26 49,—	f 0,26 50,90	f 0,26 52,80	f 0,26 54,60	— —	f 0,26 57,70	— —	f 0,26 60,50	
1	— —	— —	— —	— —	— —	— —	f 0,26 68,10	— —	— —	f 0,26 73,40	— —	f 0,26 78,70	— —	f 0,26 84,—	f 0,26 86,60	f 0,26 89,30	
Dikte in Eng. dm.	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Eng. dm.
3/8	f 0,50 8,45	f 0,50 9,05	f 0,50 9,75	f 0,50 10,45	f 0,50 11,05	f 0,50 11,65	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	p. KG KG
1/2	f 0,37 16,62	f 0,37 17,62	f 0,37 18,82	f 0,37 20,12	f 0,37 21,62	f0,37 22,82	f 0,37 25,12	f 0,37 27,42	— —	f 0,37 32,90	f 0,37 35,50	f 0,37 38,—	— —	— —	— —	— —	p. KG KG
5/8	f 0,30 29,70	f 0,30 31,70	f 0,30 33,70	f 0,30 35,70	— —	f 0,30 39,70	f 0,30 43,70	f 0,30 47,70	f 0,30 51,70	f 0,30 55,70	f 0,30 59,70	f 0,30 63,70	— —	f 0,30 70,50	— —	f 0,30 78,50	p. KG KG
3/4	f 0,26 45,—	f 0,26 46,70	f 0,26 50,40	f 0,26 53,40	— —	f 0,26 59,—	f 0,26 64,50	f 0,26 70,—	f 0,26 75,50	f 0,26 81,—	f 0,26 86,50	f 0,26 92,—	f 0,26 95,40	f 0,26 100.90	f 0,26 106,40	f 0,26 111,90	p. KG KG
7/8	f 0,26 63,20	f 0,26 66,—	f 0,26 68,70	f 0,26 108,80	— —	f 0,26 119,40	f 0,26 129,90	f 0,26 140,50	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	p. KG KG

Schroefbouten.

De toe te laten spanning in de bouten kan men aannemen op 3 à 6 KG per mM^2; de kleinste waarde, wanneer zij aan trillingen zijn blootgesteld. De minimum doorsnede van een bout wordt bij de 6 KG/mM^2 belasting,

$$d = 0{,}46 \sqrt{P}$$

waarin P de belasting.

Schroefbouten met zeskanten kop en moer (fig. 6) zijn in den handel in dikten van 6 tot 25 mM met steellengten tot 200 mM. De prijzen zijn f 0,15 tot f 0,50 per KG (hoe kleiner, hoe duurder).

Voor de bepaling van het gewicht kan worden gebruik gemaakt van de tabel voor rondijzer, wanneer de lengte van den steel tusschen kop en moer wordt vermeerderd met:

6 maal de steeldikte voor bouten met 6-kante moer en 6-kanten kop, en
7 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 6- ,, ,, ,, 4- ,, ,,

Prijzen en afmetingen van bouten, welke gewoonlijk bij den handelaar in voorraad zijn:

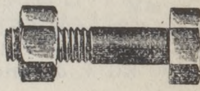


Fig. 6.



Vierkante en zeskante moeren met draad (fig. 7 en 8).

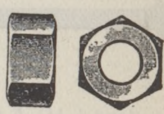


Fig 7. Fig. 8.

p. 100 st.	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2 dm.
v. d. oorlog	f 0,42^5	0,50	0,57^5	0,70	0,85	1,05	1,30	1,60	1,95	2,75	3,85	5,40	7,50	10,—	13,50



Sluit- of klinkringen voor bouten (fig. 9).

buitenwerks mM	10	13	16	20	23	26	29	32	35	39
binnenwerks ,,	5	6 1/2	8	10	11 1/2	13	14 1/2	16	17 1/2	19 1/2
v. bouten van ,,	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16
per 100 stuks f (v. d. oorlog).	0,08	0,09	0,10	0,12^5	0,15	0,17^5	0,20	0,26	0,30	0,40

42	46	49	52	55	58	62	65	68	72	80
21	23	24 1/2	26	27 1/2	29	31	32 1/2	34	36	40
3/4	13/16	7/8	16/16	1	1 1/16	1 1/8	1 3/16	1 1/4	1 3/8	1 1/2
f 0,50	0,65	0,75	0,85	1,—	1,15	1,30	1,60	2,—	2,50	3,—

Fig. 9.

Houtschroeven.

IJzeren houtschroeven lang 1/2 tot 5 duim per gros vóór den oorlog f 0,11 tot f 4,—.
Koperen ,, 1/2 ,, 2 ,, ,, ,, ,, ,, ,, - 0,30 ,, - 2,80.
(Rondhoofden f 0,05 tot f 0,55 per gros duurder).

Slotschroeven (vensterschroeven) met kort vierkant, in dikten van 5 tot 13 mM en lengten van 25 tot 200 mM (fig. 10).

Dikte in mM.	Lengte mM.	Prijs per 100 stuks vóór den oorlog Gld.
5	25— 50	1,00—1,10
6	40— 70	1,10—1,30
7	40— 90	1,25—1,65
8	50—120	1,55—2,25
9	60—140	1,95—2,90
10	80—200	2,45—4,60
11	180—200	4,90—5,30
12	200—240	6,60—7,10
13	80—	3,70

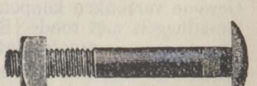


Fig. 10.



Houtschroeven met vierkanten kop (fig. 11). de lengte wordt onder den kop gemeten.

Fig. 11.

mM	6 × 30	7 × 40	9 × 50	65	11 × 65	80	90
per 100 stuks v. d. oorlog	f 1,15	1,20	1,50	1,60	1,95	2,05	2,20

13 × 65	80	100	14 × 120	16 × 140
f 2,35	2,50	2,75	3,50	5,—

Bouten, draadnagels, enz.

Haakbouten of Spoorspijkers. (fig. 12).

mM	100 × 10 × 10	100 × 12 × 10	115 × 13 × 13
p. 100 KG v. d. oorlog	f 22,40	20,65	18,20

mM	125 × 13 × 13	150 × 17 × 15
p. 100 KG v. d. oorlog	f 18,20	16,80



Brugspijkers (fig. 13).

Fig. 13.

lang 4 4½ 5 6 7 8 Eng. dm.
prijs v. d. oorlog f 16,— per vaatje van 60 KG netto.

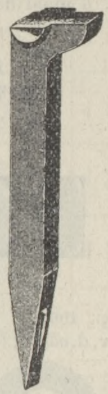


Fig 12.

Draadnagels.

IJzeren draadnagels: In het algemeen worden de draadnagels in Engelsche draaddikte opgegeven, welke in B. W. G. is uitgedrukt. Onder de nummers 15/15, 18/12 enz. van draadnagels wordt verstaan de lengte in Parijsche lijnen (1 lijn = ± 2,256 mM) en het nummer der draaddikte.

Ronde en vierkante nagels zijn in den handel in pakken van 2½ en 5 KG bruto voor netto of in kleine pakjes van 100 tot 500 stuks. Prijzen in begin 1920 waren franco vervoermiddel:

Draaddikte	3/7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prijs per 100 KG	f 35,—	37,—	37,50	38,—	39,50	41,—	43,—	45,25	47,50	50,50

Vóór den oorlog was de prijs gemiddeld:

Lengte in dm	9	8	7	6	5	4½	4	3½	3¼	3
Prijs p. 100 KG in gld.	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,75	9,—	9,—
Prijs p. 1000 stuks in gld.	8,50	6,50	5,25	4,—	3,—	2,20	1,90	1,65	1,45	1,15
Lengte in dm	2¾	2½	2¼	2	1¾	1½	1¼	1	¾	½
Prijs per 100 KG in gld. .	9,75	10,50	11,—	11,75	13,—	13,75	16,—	20,—	24,—	40,—
Prijs p. 1000 stuks in gld.	0,85	0,70	0,48	0,38	0,32	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09

Gewone verzonken koppen en verloren koppen kosten evenveel.
Draadnagels met ronde (Bombé) koppen kosten per 100 KG f 2,— meer.
,, ,, groote platte koppen voor asphalt en plafonds f 6,— meer.

Koperen draadnagels met ronden kop per KG vóór den oorlog f 1,50 à f 2,—.

Amerikaansche nagels en duikers:
met spitse punten 2 tot 15 ponds, prijs vóór den oorlog per 1000 stuks f 0,50 tot f 1,75.
met platte punten 20 tot 40 ponds, prijs vóór den oorlog per 1000 stuks f 2,40 tot 4,—.

zware, lang 3 tot 8 dm, per 1000 stuks vóór den oorlog f 3,50 tot f 20,—.

Zweedsche nagels ¾ tot 15 ponds, prijs vóór den oorlog per 1000 stuks f 1,— tot f 3,—.

Ankernagels (rondhalsen) 10 tot 40 ponds, lang 1 tot 3 dm, prijs vóór den oorlog per 1000 stuks f 2,— tot f 8,—.

Stucadoornagels 1½ ponds (in vaatjes van 50 KG) vóór den oorlog per KG f 0,20.

Leinagels 3 ponds vóór den oorlog per KG f 0,30 of per 1000 stuks f 0,45.

Duimen, gesmede duimen 1½—8 dm.voór den oorlog per 100 stuks f 0,75—5,—.
vertinde „ 1½—5 „ „ „ „ „ 100 „ - 1,50—5,—.
blauwe stalen „ 1½—4 „ „ „ „ „ 100 „ - 0,75—2,—.

Krammen, gesmede krammen ¾—7 dm vóór den oorlog per 100 stuks f 0,40—3,50.
draadkrammen (rikkrammen) 1½—2 dm vóór den oorlog per 1000. stuks f 1,10—1,80.
gegalvaniseerde 1½—2 dm vóór den oorlog per 1000 stuks f 1,10—1,80.
gaskrammen ³/₈—1½ „ „ „ „ „ 100 stuks f 0,40—1,75.

Asphaltnagels in de nummers 9—12 à f 1,40 per KG.

Weerstand van materialen.

Elasticiteit- en vastheid.

Trek- en drukvastheid.

Is de specifieke lengteverandering ε van een staaf (kortweg *rek* of *druk* genoemd) evenredig met de daarbij behoorende spanning σ (volgens de wet van *Hooke*) of:

$$\varepsilon = \alpha \sigma,$$

dan wordt α de *elasticiteitscoëfficiënt* genoemd en is deze gelijk aan den rek of druk voor de spanning 1. De omgekeerde waarde $\frac{1}{\alpha}$ of E heet *elasticiteitsmodulus*. (Zie ook bldz. 304).

Daar de rek of druk evenwel niet altijd voor iedere spanningsgrootte gelijk blijft, zal ook de elasticiteitsmodulus niet voor elke spanningsverandering gelijk blijven.

Voor spanningsgrootten, waarbij de wet van *Hooke* geldt, d. i. tot aan de proportionaliteitsgrens, zullen de waarden α en E constant zijn en worden deze waarden in de onderstaande tabellen opgegeven. In de gevallen, waarbij de wet van *Hooke* niet geldt, is (volgens *W. Schüle*) het verband tusschen rek, (druk) en spanning in het algemeen uit te drukken door

$$\varepsilon = \alpha_0 \, \sigma^n$$

waarin α_0 alzoo de rek of de druk bij de spanning 1.

De omgekeerde waarde $\frac{1}{\alpha_0}$ zal het *elasticiteitscijfer* worden genoemd.

De waarden α_0 en n zijn bij vele stoffen zelfs voor trek en druk verschillend en ook afhankelijk van de vroegere spanningstoestanden van het materiaal.

Terwijl de statische belasting groote vastheid van het materiaal vordert, verlangt de dynamische belasting groote taaiheid.

Is de vastheid = f

de contractie bij de breuk = c

de uitrekking = ε,

dan vindt men (vooral bij spoorwegbouw) somtijds minimumwaarden voorgeschreven voor $f + c$, $f \times \varepsilon$, $f^2 \times \varepsilon$, $f + \varepsilon$ en $f + 2\varepsilon$ (z.g. *kwaliteitscijfers*).

Volgens *Dr. Saller* (zie Zeitung des Vereins d. Eisenbahnverwaltungen 1911) heeft alleen het product $f \times \varepsilon$ theoretisch recht van bestaan.

Het kwaliteitscijfer wordt daarbij uitgedrukt in het product van breeksterkte in KG per mM^2 en rek in % over de meetlengte. Is de eerste b.v. 40 en de laatste 30% dan is dus het cijfer 1200 (ook wel eens $40 \times 0{,}3 = 12$ genomen).

De arbeid, door de belasting verricht, kan uit een diagram worden bepaald (fig. 1, bldz. 304) voorgesteld door het oppervlak, begrensd door de spanningskromme, de abscissenas en de eindordinaat in Z. Is de bij deze ordinaat behoorende verlenging = λ dan kan het oppervlak ook worden uitgedrukt door dat van een rechthoek $\mu\, P_Z \times \lambda$ waarin $\mu\, P_Z$ de gemiddelde belasting, uitgedrukt in de breukbelasting vermenigvuldigd met een zekeren factor μ.

Werkt de belasting op een staaf met de meetlengte l en een doorsnede F, alzoo van een volume Fl, dan is de arbeid gedeeld door dit staafvolume

$$\frac{\mu\, P_Z \times \lambda}{Fl}$$

of daar $\frac{P_Z}{F}$ de specifieke breukbelasting f_Z voorstelt, en $\frac{\lambda}{l} = \varepsilon$ de specifieke uitrekking, is de arbeid per eenheid van staafvolume:

$$\mu \times \varepsilon f_Z,$$

De waarde van μ is volgens ervaring voor een bepaalde klasse van metalen constant, zoodat het product $\varepsilon \times f_Z$ een zekere waarde voor de beoordeeling van het

metaal heeft. Dit product volgens *Tetmajer arbeidscoëfficiënt* genoemd, waarbij ε in procenten van de meetlengte uitgedrukt, is

voor welijzer met 0,015% koolstof en slakken 650 KG/mM²
„ Thomasvloeiijzer met 0,036% koolstof 1150 KG/mM²
„ staal met 0,348% koolstof . . . . 1010 „

Deze kwaliteitscijfers (in KG/mM²) worden ook wel bij ons te lande voorgeschreven; zoo wordt door het Ministerie van Koloniën geëischt een minimum product van 900 voor constructievloeiijzer en van 1000 voor ketelplaatijzer.

Weerstand tegen buiging en wringing.

De trek- en drukvastheidscijfers hebben betrekking op zuiveren trek en druk. De vastheidscijfers voor buiging en wringing geven de grootte der weerstanden aan, welke het materiaal bij buiging en wringing biedt en zijn voor alle materialen afhankelijk van den vorm der doorsnede en wel het meest voor die materialen, waarbij de wet van *Hooke* niet van toepassing is.

Zoo zijn de verhoudingen v_1 van buig- en trekvastheid $\left(v_1 = \frac{\text{buigvastheid}}{\text{trekvastheid}}\right)$ en v_2 van wringings- en trekvastheid $\left(v_2 = \frac{\text{wringingsvastheid}}{\text{trekvastheid}}\right)$, bij *gietijzer* voor verschillende doorsneden: $v_1 = 1{,}40$ tot $2{,}35$, $v_2 = 0{,}80$ tot $1{,}65$.

Schuifvastheid.

Het verband tusschen schuifvastheid en trekvastheid wordt theoretisch gegeven door

$$\text{schuifvastheid} \leqq \frac{m}{m+1} \times \text{trekvastheid}.$$

en daar m = 3 tot 4 voor verschillende stoffen, dus ook:

$$\text{schuifvastheid} \leqq 0{,}75 \text{ tot } 0{,}80 \text{ maal de trekvastheid.}$$

De vorm der doorsnede bepaalt evenwel de grootte der schuifspanningen; voor een willekeurige doorsnede wordt de maximum schuifspanning uitgedrukt door: (zie bldz. 307)

$$c\,\frac{V}{F}$$

waarbij o.a. c voor rechthoekige doorsnede $^3/_2$
„ „ cirkelvormige „ $^4/_3$
„ „ ringvormige „ 2

Voor een willekeurige doorsnede wordt dan de

$$\text{schuifvastheid} \leqq \frac{1}{c} \times 0{,}75 \text{ à } 0{,}80 \text{ maal de trekvastheid,}$$

of voor een rechthoekige doorsnede 0,5 tot 0,53 maal,
„ „ „ cirkelvormige „ 0,56 „ 0,60 „
„ „ „ ringvormige „ 0,37⁵ „ 0,40 „ .

Proefnemingen op afschuiving verricht geven grootere waarden.

Bij een I-vormige doorsnede is de max. schuifspanning (fig. 1)

$$\frac{3\,V\left\{b\,e^2 - (b-a)\,f^2\right\}}{4\,a\left\{b\,e^3 - (b-a)\,f^3\right\}}$$

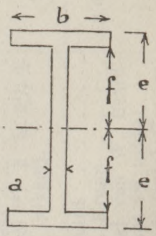


Fig. 1.

Hardheid.

Het begrip hardheid is niet te omlijnen; als definitie wordt door physici gegeven de mate van verzet tegen het indringen van een vreemd lichaam. De hard-

hardheid is nauw verwant aan de vastheid van het materiaal. Om de hardheid voor verschillende materialen te beoordeelen maken de mineralogen gebruik van de *hardheidsschaal van Mohs*, welke berust op de aanname, dat van twee ongelijk harde stoffen de hardste in staat is de minder hardste te krassen. De schaal loopt van 10 voor diamant tot 1 voor talk als volgt:

1	talk	5	apatiet	8	topaas
2	gips (of steenzout)	6	veldspaat	9	korund
3	kalkspaat	7	kwarts	10	diamant.
4	vloeispaat				

In de techniek voor metalen is deze schaal niet bruikbaar (de gebruikelijke metalen liggen tusschen 1 en 6), terwijl door de methode alleen de oppervlaktehardheid aangegeven wordt. Als beproevingsmethode geldt dan ook algemeen de *methode van Brinell*, welke ook internationaal is vastgelegd. Deze hardheidsbepaling bestaat in de bepaling van de mate van indringing van een stalen bol van bepaalde afmeting (10 mM middellijn) onder een bepaalden constanten druk, zijnde 3000 KG voor harde en 500 KG resp. 200 KG voor zachtere materialen. Het hardheidscijfer in KG/mM² wordt gegeven door het boloppervlak der indeuking als noemer en den druk als teller. De hardheidscijfers voor eenzelfde metaal en denzelfden kogel zijn niet constant bij verschillende drukkingen en geven des te grooter afwijkingen naarmate het metaal harder is. De methode dient ook meer als vergelijkingsmethode. Volgens de Brinell-proef werd voor metalen de grootste hardheid gevonden voor een 18% Wolfram- 3% chroomstaal (in geharden toestand) namelijk 866.

Hardheidscijfers volgens Brinellmethode:

lood	4	grauw gietijzer	96	aluminium	39
tin	10	wit	300	brons	120
zink	30	ongehard staal	372	messing	60
koper	48	zilver	60	magnolia	25
welijzer	58	antimoon	57	Babbitsmetaal	23
zacht ijzer	80	goud	48		

Een verbetering der methode bestaat door den tijdsduur van indrukken een bepaalde grootte te geven. Men laat nl. een hamer van bepaalde hoogte neerdalen op een harden stalen kogel, die op het metaal rust en hierdoor wordt een indeuking verkregen, die weer met een micrometer kan gemeten worden. De resultaten zijn nu betrouwbaarder te vergelijken, doordat de uitgeoefende druk en de duur van den druk steeds evengroot blijven.

Andere minder goede hardheidsbepalingen geschieden volgens methoden berustende op *slijtage*, *krassen* (*Shore's* scherometer), *boren*, *afslijpen* (scheroskoop van *Turner*), *botsing*, *indrukken* (w.o. meth. *Brinell*).

Vastheidscijfers.

Metalen. Vastheidscijfers in KG/mM². (Zie ook Voorschriften voor de keuring van ijzer bldz. 507).

BENAMING	Elasticiteitsmodulus $E = \frac{1}{\alpha}$	Glijdings- of Schuifmodulus G $= \frac{m}{2(m+1)} E$	Trekvastheid	Elasticiteitsgrens voor uitrekking	Drukvastheid	Elasticiteitsgrens v. druk
Gegoten ijzer *)						
grove korrel	0,75 tot 0,95 × 10^4	2,9 tot 4 × 10^3	14		65	12,5
fijne ,,	0,95 ,, 1,14 × 10^4		16		80	14
taai machinegietijzer	1,32 ,, 1,38 × 10^4					
hardgietijzer (Hartgusz)	1,71 ,, 1,87 × 10^4					
Welijzer						
evenwijdig aan de vezelrichting	2 × 10^4	7,7 × 10^3	33—40	15—16	37,5	
loodrecht op de vezelrichting	2 × 10^4	7,7 × 10^3	28—35			
Vloei- of smeltijzer	2,1—2,15 × 10^4	8,3 × 10^3	34—44	22—23	44	
Vloeistaal						
zacht	2,13—2,2 × 10^4	8,3—8,5 × 10^3	45—50	25	45—100	
middelhard			50—60	35		
hard			60—70	42		
Proefstaven uit de rib van Grey-balken			38—42	26—29		
Nikkelvloeiijzer			50	35		
Chroomstaal			± 70			
Nikkelstaal **) 2 à 2½ % nikkel).						
zacht			60	40		
middelhard			65—70	42—50		
van Fr. Krupp	2,089 × 10^4		69	34 §)		
Nikkelstaal van W. Beardmore met 4% nikkel			76,5—85	44,5-48		
Idem van de Gutehoffnungshütte 2 — 2,5 % nikkel.	2 × 10^4		56—65			
Gietstaal	2,15 × 10^4	8,3 × 10^3	35--70	≥ 20 §)	≥ 35 — 70	

OPMERKINGEN

*) Volgens de proefnemingen van *Bach* voldoet gietijzer beter aan de formule

$$E = \alpha_0 \sigma^n \text{ en was}$$

voor taai grauw gietijzer bij druk:

$$\frac{1}{\alpha} = 1{,}043 \times 10^4$$

$$n = 1{,}035$$

idem bij trek:

$$\frac{1}{\alpha_0} = 1{,}338 \times 10^4$$

$$n = 1{,}083$$

en in het algemeen

$$\frac{1}{\alpha_0} = 1{,}04 - 1{,}34$$

$$n = 1{,}03 - 1{,}10$$

**) Nikkelstaal van de St. Laurence Brug te Quebec met 3,24 % nikkel:
trekvastheid 59,6 — 66,8 KG/mM²
strekgrens 38,7 ,,

§) = proportionaliteitsgrens.

BENAMING	Elasticiteits-modulus $E = \frac{1}{\alpha}$	Glijdings- of Schuif-modulus G $= \frac{m}{2(m+1)} E$	Trekvast-heid	Elasticiteits-grens voor uitrekking	Drukvast-heid	Elasticiteits-grens v. druk	OPMERKINGEN
Kroezenstaal			125				
Electrostaal (smeedbaar)			40—45				
id. (hardbaar)			55—65				
Veerenstaal							
gehard	$2,2 \times 10^4$	$8,5 \times 10^3$	75—170	$\geq$ 75	100		
ongehard	$2,2 \times 10^4$		80	$\geq$ 40 §)	$\geq$ 75—90		§) = proportionaliteitsgrens.
Wolframstaal			65				
Koper*, gegoten	$0,9 \times 10^4$		20	9 §)			*) Ook voor koper geldt hetzelfde als voor gietijzer en door *Bach* is voor zacht koper gevonden:
hardgetrokken			63	61			
gewalst en uitgegloeid	$1,07 \times 10^4$	4×10^3	21—23	2,9-3,1			$\frac{1}{\alpha_0} = 1,865 — 2,195 \times 10^4$
plaatkoper	$1,15 \times 10^4$		20—25		41		
Zink							
gegoten	$0,95 \times 10^4$		5,3	2,3			
gewoon	$1,15 \times 10^4$	$3,6 \times 10^3$	19		10		n = 1,074 — 1,098.
Lood	$0,05 \times 10^4$		1,3	1	0,5—3		
Tin	$0,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	3,5				
Aluminium:							§) = proportionaliteitsgrens.
1 à 3% Fe en Si gegoten	$0,845 \times 10^4$	$2,6 \times 10^3$	10	5			
,, platen	$0,915 \times 10^4$		17	8			
,, staven			18	10			
,, draad	$1,335 \times 10^4$		21—25	11			
Geschutbrons **) 8 % tin							**) Brons voldoet evenals koper beter aan de wet van *Schüle*; door *Bach* is gevonden voor gegoten brons
gegoten	$1,15 \times 10^4$		30	3			
samengedrukt volgens *Uchatius*	$1,1 \times 10^4$		31	9			
Phosphorbrons							
0,5 à 1 % P gegoten			25				$\frac{1}{\alpha_0} = \pm 0,734 \times 10^4$
Mangaanbrons.							
10 % Mn gegoten			25	15			n = ± 1,028

BENAMING	Elasticiteits-modulus $E = \frac{1}{\alpha}$	Glijdings- of Schuif-modulus G $= \frac{m}{2(m+1)} E$	Trekvast-heid	Elasticiteits-grens voor uitrekking	Drukvast-heid	Elasticiteits-grens v. druk	OPMERKINGEN.
Alum niumbrons							Bij hoogere temperaturen neemt de vastheid van brons sterk af.
7—5 % Al gesmeed . .			60	24			
5 % ,, ,, . .			50				
Messing †)							†) Door *Bach* werd voor gegoten messing gevonden $\frac{1}{\alpha_0} = 0,947 \times 10^4$ n = 1,085
± 70 % Cu 30 % Zn							
gegoten	$0,64 \times 10^4$		12,4	4,8			
gesmeed	$0,8—1,00 \times 10^4$		16,5	14			
gewalst			38				
Aluminiummessing							
3,3 % Al gegoten . . .			65				
1 % ,, ,, . . .			40				
Muntmetaal							
± 60 % Cu 40 % Zn gewalst			39				
Deltametaal							
gesmeed			36	18			
gewalst			49				
Metaaldraad:							
IJzerdraad (blank, getrokken)	2×10^4		56—70	42 §			§) = proportionaliteitsgrens.
gegloeid	2×10^4		40				
Koperdraad	$1,3 \times 10^4$		40	12 §			
Messingdraad	1×10^4		50	13 §			
Siliciumbronsdraad . . .			65—85				
Bessemer staaldraad blank			65	52 §			
,, gegloeid . . .	$2,15 \times 10^4$		40—60				
Zinkdraad	$0,15 \times 10^4$		19				
Kroezenstaaldraad . . .	$21,5 \times 10^4$	$9,4 \times 10^3$	tot 190	100 §			

Natuurlijke steen.

De rek of druk van steenen hangt veel van de soort en grootte van de spanning af; het verband is uit te drukken door:

$$\varepsilon = \alpha_0 \sigma^n$$

waarbij in het algemeen bij druk α_0 grooter bij hoogere spanningen
en bij trek α_0 kleiner „ „ „

BENAMING	Elasticiteits-cijfer $\frac{1}{\alpha_0}$	n	Druk-vastheid KG/cM²	Trek-vastheid KG/cM²	Schuif-vastheid KG/cM²	Opmerkingen
Graniet			500—3000		Loodrecht op het groefleger ongeveer $^1/_{10}$ à $^1/_{20}$ van den weerstand tegen druk.	
grijs grofkorrelig (Schotsch)	24 × 10⁴ voor *trek* en 30 × 10⁴ voor *druk*.	1,4 (trek) en 1,12 (druk)	530			
rood Zweedsch.			1180			
wit „			1220			
grijs „			770			
van Lysekil „			1900—2000			
Beijersch			1938			
Noorw. (Drammen) .						
Basalt			3000—5000			
Basaltlava van						
„ Mayen			640			
„ Niedermendig . .			510			
„ St. Johan			620			
„ Andernach . . .			600			
„ Zervas Söhne, (Keulen)			490			
Grauwacke			1500—2800			
Grauwacke (Lambacher-Werke)			2500—3600			
Hardsteen van						
„ Comblain au Pont			1170			
„ Ogné			850			
Kalksteen van						
„ Romelange .			170			
„ Savonnière .			100			
„ Euville . .			250—350			
„ Vaurion . .			± 750			
„ Comblanchien			800—1100			
„ Blanc Royal .			61			
„ Mery . . .			52			
„ harde Morley .			400—500			
Zandsteen van						
„ Fauconval .			1980			
„ Gildehaus . .			310—550			
„ Born (Luxemburg)			290			
„ Obernkirchen			770			
			450			
Kunstzandsteen . . .	1,73—2,65 × 10⁴ bij druk en 14—6,9 × 10⁴ bij trek.					
Marmer			1000—2800			
Porphier			1000—2600			
Porphier van Quenast .			2000—3000			
Syeniet			800—2000			
Tuf			200—1500			

Onderzoek van natuurlijke gesteenten volgens het Königl. Materialprüfungsamt te Grosz-Lichterfelde:

STEENSOORT.	Ruimte-gewicht.	Soortelijk gewicht.	Graad van dichtheid.	Wateropname in volumeproc.	Drukvastheid KG per cM² droog	Drukvastheid KG per cM² met water verzadigd.	Drukvastheid KG per cM² na bevriezen	Verlies bij den zandstraal in cM³ per cM²	Verlies bij slijpen in cM³ per cM²
Kristallijne kalksteen	2,710	2,720	0,997	—	1 470	1 470	1 551	0,21	0,64
Dichte kalksteen . .	2,520	2,700	0,930	4,9	1 150	860	960	0,33	0,57
Graniet	2,790	2,820	0,988	0,6	2 730	2 700	2 660	0,15	0,12
Porphier	2,540	2,650	0,957	4,0	2 730	2 210	2 340	0,22	0,15
Diabaas	2,880	2,900	0,996	0,4	2 690	2 500	2 460	0,13	0,14
Melaphier	2,820	2,850	0,991	0,9	2 920	2 590	2 400	0,17	0,24
Basalt	2,950	3,010	0,981	0,8	3 060	2 710	2 760	0,10	0,19
Basaltlava	2,280	2,920	0,780	—	—	—	—	0,09	0,26
Kalkzandsteen . .	2,460	2,730	0,921	5,7	1 460	1 210	1 270	0,41	0,32
Zandsteen	2,160	2,670	0,821	14,4	580	540	510	1,81	1,99
Grauwacke . . .	2,730	2,770	0,979	1,4	2 870	2 450	2 330	0,24	0,33
Leisteen	2,710	2,770	0,981	1,3	1 210	770	750	0,21	—

Metselsteen.

BENAMING	Elasticiteitscijfer $\frac{1}{\alpha}$	n	Drukvastheid gemidd. KG/cM²	Trekvastheid KG/cM²	Schuifvastheid KG/cM²	Opmerkingen
Hollandsche metselsteen: *)			350—700	Gemiddeld $^1/_{26}$ van de drukvastheid.	Gemiddeld $^1/_{13}$ van de drukvastheid.	*) Volgens het onderzoek van gebakken steen dd. 20 Nov. 1894 en uitgegeven door het Dep. v. Waterstaat Handel en Nijverheid, bedroeg de geringste drukvastheid van metselklinkers 120 KG/cM², hardgrauw 75 ,, ,, boerengrauw 60 ,, ,, best rood 76 ,, ,, Limb. steen 103 ,, ,,
straatklinkers . . .	gemiddeld 210 000 bij n = 1		250—400			
metsel ,, . . .						
hardgrauw (machinaal) .			200—250			
,, (handvorm) .	gemiddeld 93 000 bij n = 1		150—200			
boerengrauw (machinaal) .			150—200			
,, 2e kwal.)			120—150			
best rood			100—120			
gewoon bleek rood .			80			
Holle steen . . .			120—250			
Limburgsche steen .			103—150			
Belgische steen:						
metselklinkers(gesort. klampsteen) . . .			± 300			
metselklinkers (ongesorteerd)			170—250			
Iron-bricks			290			
Cementsteen . . .			40—130			
Kalkzandsteen. . .						
slechte			100—150			
goede			150—250			
Duitsche			250—300			

Metselwerk, beton, mortels, enz.

Behalve van de spanning hangt de elasticiteitsmodulus ook af van den tijd van verharding. Voor uitrekking of samendrukking kan worden gesteld:

$$E = \alpha_o \, \sigma^n$$

BENAMING	Elasticiteitscijfer $\frac{1}{\alpha_o}$	n	Drukvastheid Kg/cM²	Trekvastheid Kg/cM²	OPMERKINGEN
Metselwerk:					
hardgrauw in kalkmortel			140		
,, ,, cementmortel			180		
Beton: *)					
1 cement, 2½ zand, 5 grint	298 000	1,145	80 tot 250		
1 ,, 5 ,, 6 ,,	280 000	1,137			
1 ,, 2½ ,, 5 st.slag	457 000	1,157			
1 ,, 3 ,, 6 ,,	380 000	1,161			
1 ,, 5 ,, 10 ,,	367 000 (het cijfer voor trek is gemiddeld 0,8 maal dat v. druk)	1,207			
1 cement, 3 grint en zand			300—400†)		
1 ,, 4 ,, ,, ,,			230—300		
1 ,, 5 ,, ,, ,,			180—250		
1 ,, 6 ,, ,, ,,			130—200		
1 ,, 7 ,, ,, ,,			100—150		
1 ,, 8 ,, ,, ,,			70—120		
1 ,, 10 ,, ,, ,,			50—100		

*) In het algemeen neemt men voor beton aan E = 143 000.

Volgens onderzoekingen van *Bach* is bij beton van 1 vol. deel P.cement, 2½ ,, ,, zand, 5 ,, ,, kies en 77 dagen oud:

σ	E
0 — 7,9	306 000
7,9—15,8	256 000
15,8—23,7	226 000
23,7—31,6	212 000
31,6—39,5	194 000

†) Na 28 dagen in de lucht.

BENAMING	Elasticiteitscijfer $\frac{1}{\alpha_0}$	n	Drukvastheid Kg/cM²	Trekvastheid Kg/cM²	OPMERKINGEN
Mortels:					
Zuiver cement	250 000	1,09	200—450	29—55 †)	†) Na 28 dagen in de lucht.
Cementmortel:					
1 cement, 1 zand	± 360 000	1,10	200		§) Volgens onderzoekingen te Grosz-Lichterfelde is na 28 dagen, waarvan 27 onder water, voor normaalmortels van 1 dl. cement op 3 dl. zand: de drukvastheid 130—450 Kg/cM² (gemiddeld 250 Kg/cM²), de trekvastheid 16—30 Kg/cM² (gemiddeld 20 Kg/cM²).
1 ,, 2 ,, ...	± 360 000	1,12	180		
1 ,, 3 ,, ...	± 315 000	1,15	160 §)	13—26 §)	
1 ,, 4½ ,, ...	± 230 000	1,17	120		
goede luchtkalkmortel . . .			15 †)	3 †)	
,, water ,, . .			1,7—24,5 †)	1,6—7,9 †)	
gew. schelpkalkmortel van 1 kalk, 2 zand.			10—11 †)		
idem van gemalen schelpkalk: 1 kalk, 2 zand.			29		
traskalkmortel van 1½ tras, 1 kalkdeeg, 1 zand			97—149	14—21	
schelpkalktrasmeelmortel van 4 kalk, 5 tras, 18—27 zand			60—65 †)	10—12 †)	

Verhouding van de drukweerstanden van het metselwerk tot de steenen.

Volgens proeven van *Böhme* met kubusvormige pijlers van 25 × 25 × 25 cM:

bij kalkmortel 1 dl. kalk, 2 dl. zand = 0,44
,, cementmortel 1 ,, cement, 6 ,, ,, = 0,48
,, ,, 1 ,, ,, 3 ,, ,, = 0,63

Volgens *Unwin* bij pijlers van ± 1,80 M hoogte en 45 cM breedte:

Drukweerstand der steenen.	Drukweerstand van den pijler.	
	Kalkmortel 1 : 2	Cementmortel 1 : 4
90 KG/cM²	20 KG/cM²	43 KG/cM²
200 ,, ,,	34 ,, ,,	56 ,, ,,
230 ,, ,,	33 ,, ,,	61 ,, ,,
390 ,, ,,	39 ,, ,,	90 ,, ,,

Hout.

De elasticiteit. De veerkracht van het hout uit denzelfden stam kan tengevolge van verschillende omstandigheden sterk afwisselen. Het watergehalte oefent ook hier een grooten invloed uit op de elasticiteitsgrens van het hout, en wel wordt de elasticiteitsgrens sneller bereikt bij het vochtige dan bij het droge hout. De elasticiteitsgrens wordt eveneens beïnvloed door den duur der belasting, daar zij bij voortdurende belasting geringer wordt. Evenals bij alle heterogene lichamen is de elasticiteit bij het hout niet in alle richtingen dezelfde. *Chevandier* en *Wertheim* maakten uit hun onderzoekingen daaromtrent voor verschillende houtsoorten de gevolgtrekking ,dat, wanneer de elasticiteitscoëfficiënt in de draadrichting = 1 werd gesteld, de elasticiteitscoëfficiënt in de richting der mergstralen ongeveer op 0,165 en in die der jaarringen op 0,091 kon worden aangenomen.

Onderzoekingen naar de veerkracht van hout uit verschillende deelen van eenzelfden boom, door *Mikolaschek* verricht, brachten aan het licht, dat in het algemeen het takhout het meest en het hout uit het middengedeelte van den stam het minst elastisch is.

Elasticiteitscoëfficiënten van houtsoorten volgens onderzoekingen door *Mikolaschek* in 1879 verricht:

HOUTSOORTEN.	Uitrekking (volgens draadrichting)		Drukking (volgens draadrichting)		Buiging		Wringing	
	Elasticiteitsgrens Kg/cM² gemidd.	Elasticiteits-coëfficiënt Kg/cM² gemidd.	Elasticiteitsgrens Kg/cM² gemidd.	Elasticiteits-coëfficiënt Kg/cM² gemidd.	Elasticiteitsgrens Kg/cM² gemidd.	Elasticiteits-coëfficiënt Kg/cM² gemidd.	Elasticiteitsgrens Kg/cM² gemidd.	Elasticiteits-coëfficiënt Kg/cM² gemidd.
Beukenhout (Fag. sylv. L.).	244	140 820	249	174 300	198	97 650	40	82 150
Dennen ,, (Abiës pect. D.C.)	167	139 650	280	172 350	142	75 545	28	47 988
Eikenh. (Quercus sessilifl. Sm)	282	82 675	209	93 300	177	62 000	40	33 920
,, (Q. peduncul. Ehrh)	350	103 025	222	125 065	271	73 450	53	78 540
Elzenhout (Aln. glut. Gärtn)	116	98 100	124	82 300	121	61 390	27	72 853
Grenenhout (Pinus sylv. L.)	172	119 850	255	66 100	80	61 740	33	69 435
Haagbeukenh. (Carp. bet. L.)	208	98 000	145	113 900	253	65 450	33	10 328
Iepenhout (Ulm. camp. L.)	147	132 500	155	103 410	156	64 770	29	58 177
Linden ,, (Tilia parvif. L.)	146	100 800	187	60 000	95	67 950	23	61 781
Lorken ,, (Larix europ. D.C.)	172	126 200	243	43 445	157	68 325	41	57 275
Vuren ,, (Picea exc. Lam)	209	90 580	183	134 650	129	70 740	30	51 966
Wilgen ,, (Salix Caprea L.)	204	102 140	141	94 880	153	70 435	29	93 945

De vastheid. Onder vastheid kan worden verstaan de weerstand der houtvezels tegen trek, druk, wringing, buiging, en afschuiving. *De weerstand tegen trek of de absolute vastheid* is voor de verschillende houtsoorten in de draadrichting het grootst. *Chevandier* en *Wertheim* konden uit hun waarnemingen het besluit trekken, dat, als de absolute vastheid in de draadrichting gelijk aan de eenheid wordt gesteld, diezelfde vastheid in de richting der mergstralen (radiaal) = 0,163 en in die der jaarringen (tangentiaal) = 0,159 kan worden aangenomen. *Mikolaschek* kwam door zijn proefnemingen ook tot het resultaat, dat het hout uit het benedengedeelte van een stam een grootere absolute vastheid bezit, dan dat van de meer naar den top geplaatste deelen.

De vastheid tegen druk is kleiner dan die tegen trek en verschilt evenals de laatste voor de verschillende richtingen. In het algemeen kan men aannemen, dat de vastheden in de draadrichting en in de radiale richting zich bij naaldhoutsoorten verhouden als 1 : 0,12 en bij de loofhoutsoorten van 1 : 0,19 tot 1 : 0,28.

Bauschinger vond, dat de drukvastheid van eenige naaldhoutsoorten van in den winter gevelde stammen grooter was dan die van in den zomer gevelde en wel 1,18 tot 1,35 maal.

Toe te laten druk loodrecht op de vezelrichting.

Droog Europeesch naaldhout	15	KG per cM²
Nat ,, ,,	12,5	,, ,, ,,
Droog Amerikaansch ,,	25	,, ,, ,,
Droog eikenhout	30	,, ,, ,,
Nat ,,	25	,, ,, ,,

Droog djatihout . .	60
Nat ,, . . .	50
Droog groenharthout	100
Nat ,, .	75

Zie hieromtrent: ,,Weerstand van hout loodrecht op de vezelrichting" door M. E. H. Tjaden, ,,De Ingenieur" van 1911 no. 29 en ,,Het indrukken van paalkoppen in kespen" door M. E. H. Tjaden ,,De Ingenieur" van 1909 no. 37.

De schuifvastheid van het hout zal uit den aard der zaak in de draadrichting kleiner zijn dan in de daarop loodrechte richtingen. Zij hangt ook veel van de rechtdradigheid van het hout af. *Bauschinger* kon bij zijn proefnemingen geen verschil in de schuifvastheid ontdekken, of het hout dichter of verder van de kern verwijderd was; ook de breedte der jaarringen had geen invloed. Wel vond hij, dat de vellingstijd van invloed was en bleek het in den winter gevelde hout naaldhout) 1,2 tot 1,3 maal zoo groote schuifvastheid te hebben.

Bauschinger vond ook bij eenzelfden grenen stam grootere schuifvastheid bij geringer watergehalte.

Volgens proeven genomen te Delft 1912 door *M. E. H. Tjaden* bedroeg de gemiddelde schuifvastheid:

HOUTSOORT	Aantal proefstukken	Waterpercentage ten opzichte van droog hout.	Weerstand tegen afschuiven
Grenen	4	39 %	32 KG/cM²
,, ...	14	17 ,,	45 ,,
Vuren . . , ...	12	14 ,,	45 ,,
Dennen	12	49 ,,	48,5 ,,
Amerik. Grenen	12	20 ,,	59 ,,
Iepen.	9	97 ,,	46 ,,
Eiken.	12	44 ,,	57,5 ,,
Esschen	12	40 ,,	66,5 ,,
Djati	12	18 ,,	62,5 ,,
Groenhart	12	22 ,,	72 ,,
Stringybark	6	21 ,,	81 ,,
Jarrah	6	19 ,,	84,5 ,,

Omtrent de schuifvastheid van hout wordt voorts nog verwezen naar: ,,Weerstand tegen afschuiving van hout" door M. E. H. Tjaden, ,,De Ingenieur" 1912, no. 29,

waarin speciaal voor naaldhout, aanmerkelijk lagere cijfers gevonden worden dan de in de onderstaande tabel van *Tetmajer*, daarvoor aangegeven waarden.

De *vastheid tegen buiging* of de relatieve vastheid is voor het takhout grooter dan voor het stamhout. Sommigen hebben naar gelang van den stand der jaarringen van het gebogen hout eenige verschillen in de buigvastheid opgemerkt, maar deze zijn toch niet root.

Voor de buigvastheid van hout zie ook: Tabellen bl. 95—97 van het deel Hout van ,,Onze Bouwmaterialen'' door J. A. v. d. Kloes. — ,,Buigvastheid van hout'' door M. E. H. Tjaden ,,De Ingenieur'' van 1913 no. 22.

Als *toe te laten belasting* bij buiging wordt voor goed naaldhout en Europeesch loofhout vaak 100 KG per cM^2 gesteld, voor tropische houtsoorten gelden hoogere cijfers.

Vastheid van verschillende houtsoorten volgens *Mikolaschek:*

HOUTSOORTEN.	Vastheid of weerstand in KG/cM^2 evenwijdig aan de draadrichting tegen				
	trek	druk	buiging	afschuiving	wringing (gemidd.)
Accacia	793	507—690	1 021—1 315	—	—
Beuken	357—364	386—707	656— 856	81	92
Dennen	418—713	317—666	371— 619	31	46
Eiken	466—566	258—628	460—1 055	71—92	75—97
Elzen	—	—	372	57	62
Eschdoorn	539—616	273—544	—	—	—
Esschen	678	352—507	705— 858	—	—
Grenen	248—427	300—581	327— 957	32—91	55
Haagbeuken	299—617	292—543	565	72	116
Iepen	450—699	237—537	438—1 173	61	79
Linden	308	244—461	—	41	76
Populieren	283—720	210—440	—	—	—
Vuren	318—374	297—587	380— 425	51—84	53
Wilgen	272	282—505	498	69	94
Hickory	—	518—671	—	—	—
Lorken	—	—	470— 995	43	65

Vastheidcijfers in KG/cM^2 volgens proeven van *Tetmajer*, e. a. :

Houtsoort winddroog zonder kwasten.	Uitrekking			Samendrukking.			Afschuiving.	Doorbuiging.		
// draadrichting.	Elast. mod.	Elast. grens.	Vastheid gemidd.	Elast. mod.	Elast. grens.	Vastheid gemidd.	Vastheid // a. d. draad.	Elast. mod. gemiddeld	Elast. grens. gemiddeld	Vastheid gemiddeld
Grenenhout	12×10^4	—	720	$11{,}9 \times 10^4$	146	246	61	$8{,}6 \times 10^4$	188	409
Vurenhout	$12{,}9 \times$	—	602	$11{,}1 \times$	131	276	67	$8{,}6 \times$	210	435
Dennenhout	$11{,}3 \times$	—	533	$10 \times$	115	283	63	$8{,}6 \times$	224	439
Lerkenhout	$13{,}1 \times$	397	710	$11{,}4 \times$	122	321	72	$10{,}5 \times$	206	534
Gemidd. naaldh.	$12{,}3 \times$	360	640	$11{,}1 \times$	130	280	66	$9{,}1 \times$	210	450
Eikenh. (winter)	$10{,}8 \times$	476	964	$10{,}3 \times$	148	343	75	$9{,}9 \times$	217	600
Beukenhout	$18 \times$	581	1 340	$16{,}9 \times$	102	320	85	—	—	—
Djatie	—	—	—	—	—	—	—	$10, \times$	400	—
Iepenhout	$12{,}1 \times$	170	575	$11{,}4 \times$	155	350	61	$6{,}5 \times$	155	440
Esschenhout	$11{,}2 \times$	190	680	—	—	—	—	$10{,}1 \times$	—	830
Lindenhout	$10{,}1 \times$	150	310	$6, \times$	190	300	41	$6{,}8 \times$	95	360
Populierenhout	—	—	280	—	—	210	36	—	—	—

De wringingsvastheid. Omtrent de wringingsvastheid zijn waarnemingen door *Mikolaschek* verricht, waarvan de gemiddelde waarden in den staat op blz. 704 zijn opgenomen. De aanwezigheid van noesten of kwasten is op de wringingsvastheid van grooten invloed.

Voor de *hardheid* heeft Prof. *Nördlinger* de volgende benamingen voorgesteld, en achter elke eenige voorbeelden opgenoemd.

1. Steenhard: Pokhout, Ebbenhout, Surinaamsch groenhart.
2. Beenhard: Buxhout, Purperhart en Bulletree.
3. Zeer hard: Hagedoorn, Demerara Groenhart, Hulsten.
4. Hard: Ahorn, Haagbeuken, Taxus, Djati.
5. Tamelijk hard: Plataan, Rood Amerikaansch eiken, Acacia, Iepen, Esschen.
6. Eenigszins hard: Beuken, Noten, Peren, Appel, Eiken.
7. Zacht: Vuren, Dennen, Grenen, Berken.
8. Zeer zacht: Weymouths pijnhout, Populieren, Abeelen, Linden.

Vastheidscijfers volgens verschillende opgaven:

		Weerstand tegen		Soortelijk gewicht
		trek	druk	
blackbutt	Australisch hardhout	1 035	600	0,990
tallowwood	Australisch hardhout	1 075	595	0,952
turpentine	Australisch hardhout	1 005	595	1,010
spotted gum	Australisch hardhout	1 075	595	1,035—1,170
jarrah	Australisch hardhout	840	480	0,837—1,120

Volgens proeven bij de Belgische Staatsspoorwegen in KG/cM^2:

Houtsoort	Gemiddelde weerstand tegen	
	doorbuiging	druk
Noorsch grenen	404	—
eiken	470	220
jarrah	680	383
karri	776	443
pisi	446	301
wana (Surinaamsch hout)	547	414
locus (Surinaamsch hout) .	1 226	653
amaranthe (Surinaamsch hout) .	1 257	568
manbarklak (Surinaamsch hout)	1 267	651
Demerara groenhart . . .	1 287	898
Slavonisch eiken	509	321
Amerikaansch eiken. . . .	362	319
Surinaamsch geelhart . . .	670	500

Volgens onderzoek van het Techn. Lab. der N. I. Bosch Expl. Mij. te Semarang

Houtsoort	Druk KG/cM^2	Trek KG/cM^2	Buiging KG/cM^2	Afschuiving i/d vezelrichting KG/cM^2
Djatti.	80	85	100	10
IJzerhout	160	180	200	8
Rassak	125	150	175	16
Merawan	100	110	125	7
Petanang	90	100	120	10
Kroewing of Laganhout .	85	95	105	14
Kapoerhout	70	80	100	10
Meranti	50	55	60	7

Toe te laten spanningen en belastingen.

Toe te laten spanningen in bouwmaterialen.

Belasting in rust.

Toe te laten spanningen in KG/cM².

MATERIAAL	Trek	Druk	Afschuiving	OPMERKINGEN
Welijzer en smeedijzer . . .	750	750	600	(In het algemeen)
Vloeiijzeren balken	850	850	650	(Amsterd. bouwv.)
idem	1 200	1 200—1 400	750	Pruisische voorschriften 1910).
Idem als geconstrueerd werk	1 000 [1])	1 000 [1])	750 [1])	
idem bij daken, vakwerken	1 200-1 400[2]	1 200-1 400[2])		[1]) (Amst. en Berlijnsche bouwverord.)
Vloeistaal	800—1 400	900—1 400	600—1 100	
Nikkelstaal	1 500—1 900	1 600—1 900	1 100—1 500	[2]) (Pruisische voorschriften 1910).
Kroezenstaal	3 000	3 000	2 300	
Veerenstaal	3 600—4 300			(bij buiging).
Gegoten ijzer	250	500	200	(Amst. en Berlijnsche bouwverord.)
,, staal	250—750	750—1 200	200—800	
Gegolfd plaatijzer	500	00		
Zinken platen	200	200	150*	* bij buiging, (Berlijnsche bouwv.)
Brons	200	400	150	
IJzerdraad } gegloeid . . .	1 000			
IJzerdraad } blank	1 200			
Bessemer staaldraad	1 500			* // beteekent evenwijdig aan de vezelrichting,
Kroezen staaldraad	2 000—3 000			
Koperdraad	1 000			⊥ beteekent loodrecht op de vezelrichting.
Dennenhout // *)	65	50		
,, ⊥ droog		15		
,, ,, nat		12		
Grenen- en vurenhout // . . .	100	60	10	(Amst. en Berlijnsche bouwverord.)
,, ,, ,, ⊥ droog .		15	60	
,, ,, ,, ,, nat . .		12½		
Amerikaansch grenen ⊥ . .		20		(Amst. bouwv.)
Eikenhout //	100	80	20*	(Amst. en * Berlijnsche bouwverord.)
,, ⊥ droog		30	80	
,, ,, nat		25		
Djatihout ,, droog		60		
,, ,, nat		50		
Groenharthout ⊥ droog . . .		100		
,, nat		75		(Berl. bouwverord.)
Esschenhout	100—120	66		
Graniet		45		Amsterd. bouwv.)
Hardsteen op groefleger . .		25		(id.)
Zandsteen		15—30		(id.)
Marmer		24		(id.)
Metselwerk:				
klinkers in sterke mortel .		14		id.)

MATERIAAL	Trek	Druk	Afschuiving	OPMERKINGEN
hardgrauw in basterd mortel		12		(Amst. bouwv.)
hardgrauw in slappe basterd mortel		10		(id.)
boerengrauw en best rood in basterd mortel		8		(id.)
idem in slappe basterd mortel		6		(id.
idem in kalkmortel		4		(id.)
Beton:				
vol. deel cement op 3 dl. rivierzand		25	2,5	(id.)

In het algemeen neme men bij steen voor de toe te laten spanning in het materiaal

voor opleggingen . . . . 10—15-vcudige zekerheid.
,, pijlers en gewelven . . . . 15—20 ,, ,,
,, slanke pijlers en zuilen . . . . 25—30 ,, ,,

Veranderlijke belasting.

Is T de toe te laten spanning van het materiaal bij *rustende* belasting, dan kan voor de toe te laten spanning bij *veranderlijke* belasting worden aangenomen:

$$t = \frac{T}{a - (a-1)\,b}$$

waarin a = coëfficiënt afhangende van de hevigheid der schokken of trillingen, en wel
bij geringe ,, 1,2—1,6
,, belangrijke ,, 2—2,5
indien zij direct door het constructiedeel worden opgenomen en a = 1,6—2, wanneer de trillingen door middel van andere constructiedeelen worden overgebracht (bijv. dwarsliggers bij bruggen),

b = verhouding tusschen de kleinste en grootste belasting van het constructiedeel.

De uitrekkende kracht is gelijk + en de samendrukkende kracht gelijk — te stellen.

Voor *ijzerconstructies van bruggen* en dergelijke kunnen voor de berekening van de materiaaldoorsnede de volgende formules van *Häseler* worden gebezigd:

Is S_0 in KG de in de staaf opgewekte spanning *alleen* door het *eigen*gewicht,

S_1 in KG de opgewekte spanning alleen door de ongunstigste belasting, welke van gelijken zin is als S_0,

S_2 in KG de opgewekte spanning alleen door de ongunstigste belasting, welke van tegengestelden zin is als S_0 (dus S_2 = druk als S_0 en S_1 trek zijn),

F in cM^2 de kleinste doorsnede van de staaf, dus $F = \frac{S_0 + S_1}{k}$ als k = de toe te laten trek- of drukspanning bij rustende belasting in KG/cM^2,

ζ het stootgetal van den verkeerslast,

μ een getal, hetwelk neven- en toeslagspanningen in aanmerking neemt,

σ_e de elasticiteitsgrens in KG/cM^2, voor welijzer 1600 en voor vloeiijzer 2000,

$S_{min.}$ en $S_{max.}$ in KG de kleinste en grootste spanning van de staaf door het eigengewicht en door de met het stootgetal vermenigvuldigde verkeersbelasting; dan is,

a) bij belasting op trek en druk (zonder knik):

$$k = \frac{\sigma_e}{\mu} \frac{S_0 + S_1}{S_0 + \zeta S_1}$$

b) bij kort op elkaar volgende trek- en drukbelastingen (zonder knik)

$$k = \frac{\sigma_e}{\mu} \frac{S_0 + S_1}{S_0 + \zeta S_1} \left(1 - \tfrac{1}{2} \frac{S_{min.}}{S_{max.}}\right)$$

(volgens *Müller—Breslau* $^1/_3$ in plaats van ½).

Waarden van het stootgetal ζ volgens *Häseler*:

lengte der overspanning	5	10	15	20	40	60	80	100	150 Meter.
ζ =	1,7	1,6	1,5	1,3	1,3	1,25	1,2	1,2	1,2 ,,

Waarden van μ:

Volle liggers	1,6
Vakwerkliggers met stijve knooppunten .	1,9
,, ,, beweeglijke ,, .	1,5

Bij de berekening van de bruggen in de lijn Magelang—Willem I (Java) werden de volgende spanningen toegelaten:

Grootste spanning bij niet veranderlijke belasting 1200 KG/cM².

Bij veranderlijke belasting was de toe te laten spanning

$$k_t = \frac{k}{1{,}5 - 0{,}5\,\varphi}$$

waarin $k = 1200$ KG/cM² en $\varphi = \dfrac{S_{min.}}{S_{max.}}$

De kracht K_1 door de maximum mobiele belasting teweeggebracht in gelijken zin als de kracht K_g veroorzaakt door blijvende belasting, wordt met 1½ vermenigvuldigd; de kracht K_2 in tegenstelden zin met ½ en dan als blijvende belasting in rekening gebracht. Alzoo werd de doorsnede F bepaald uit de formule:

$$F = \frac{K_g + 1{,}5\,K_1 + 0{,}5\,K_2}{k_t}$$

$$S_{min} = K_g - K_2$$

$$S_{max} = K_g + K_1$$

In langs- en dwarsdragers werd de grootste toe te laten spanning gesteld op 750 KG/cM². De grootste toe te laten spanning op afschuiving bij de klink-en scharnierbouten is gesteld op het 4/5 gedeelte van 750 KG/cM². De grootste toe te laten druk van den steel op de platen is gesteld op 1400 KG/cM² gerekend op de projectie van den steel.

Toe te laten belastingen bij bouwwerken.

Toe te laten grondbelasting bij fundeeringen.

Soort van den grond	Toe te laten belasting in KG per cM²
Rotsgrond bij minstens 3 M dikke gesloten en in horizontale richting zich uitstrekkende laag	tot den toe te laten druk in het metsel materiaal.
Vast gewasschen grove zandlaag met kiezel	tot 6
Vaste kleigrond en droge, weinig leemhoudende zandgrond van 3—4 dikke lagen	tot 4
Leemachtige grond of sterk leemhoudende droge zandgrond	tot 2
Weeke kleigrond en vochtige fijne zandgrond	tot 1

Bovenstaande cijfers, welke alleen een grof beeld geven en aangenomen kunnen worden voor diepten even onder het oppervlak, kunnen voor dieper liggende grondlagen verhoogd worden. Bij in rust zijnde belastingen kunnen zij ook grooter genomen worden. Evenwel wordt de grondweerstand niet vergroot, wanneer het fundament-oppervlak wordt vergroot, hetgeen door proeven (zie Deutsche Bauzeitung 31 Juli 1914) werd bewezen, daar de inzinking met de grootte van het draagvlak toeneemt. De aanname, dat de samendrukking van den bouwgrond evenredig aan den druk is of

$y = \dfrac{\sigma}{k}$, waarin k het *bouwgrondcijfer* (in den spoorwegbouw het bedcijfer) gaat dus niet geheel op. Bouwgrond, welke een belasting van 1 Kg/cM² niet zonder eenige zetting kan weerstaan, moet voor het maken

van blijvende bouwwerken verbeterd worden. De belasting van een menschenvoet kan op 0,5 Kg/cM² gesteld worden. Het draagvermogen van zandgrond neemt bij meerdere diepte in verhouding meer toe dan dat van klei- of leemgrond.

In het Hollandsche polderland kan de maximum toe te laten druk op een ingewaterde en aangestampte zandlaag op 0,8 Kg/cM² worden aangenomen en op den gewasschen kleibodem op 0,4 Kg/cM².

Grond- en fundamentbelasting van bestaande bouwwerken.

Belasting der pijlers van de St. Pieterskerk te Rome	16,36 Kg/cM²
St. Paulskerk te Londen	19,36 ,,
Kerk der Invaliden te Parijs	14,76 ,,
Id. van St. Genoveva	29,44 ,,
Kerktoren van St. Méry	29,40 ,,
De zuilen van St. Paul buiten de muren te Rome	19,76 ,,
Id. van de kerk St. Toussaint te Angers	44,28 ,,

Bij gemetselde stuwmuren neemt men veelal 6—8 Kg/cM² als grenswaarde. *Rankine* neemt geen grooteren druk aan dan 9,2 KG aan de waterzijde en 7,6 KG aan de benedenzijde.

Toe te laten belasting van heipalen.

(Amsterd. Bouwverordening).

Gewicht v/h. heiblok KG	Grootste toe te laten zakking in cM van den paal in de laatste 30 slagen bij valhoogte van 2 M voor paalbelastingen en paallengten van:									
	6 000 KG		8 000 KG		10 000 KG		12 000 KG		105 000 KG	
	10 M	14 M	10 M	14 M	10 M	14 M	10 M	14 M	10 M	14 M
400	74	65	48	39	28	15	12	—	—	—
450	86	77	57	48	35	22	18	2	—	—
500	98	89	66	57	43	30	24	8	1	—
550	110	101	76	66	50	37	31	14	6	—
600	123	113	85	75	58	45	37	21	11	—
650	135	125	94	84	65	52	43	27	16	—
700	147	138	102	93	73	60	49	33	21	2

In Amsterdam wordt verder in het algemeen aangenomen 30 KG per cM² paalkopoppervlak of gemiddeld 12 ton per paal. Een proefpaal van 12 M lengte bij den gashouder aan de fabriek Linnaeusstraat droeg 35 ton of 66 KG/cM².

De toe te laten belasting van heipalen is afhankelijk van het gewicht van paal en heiblok, de valhoogte van het blok en de zakking. Zij kan worden gevonden uit de formule.

$$G = \frac{B^2 h}{n\,(B + P)\,z}$$

waarin G: de toe te laten belasting per paal in KG
B het gewicht van het heiblok in KG
h de valhoogte van het blok in cM
Z de zakking in cM van den paal per slag als gemiddelde van den laatsten tocht van 30 slagen.
P het gewicht van den paal in KG.
n een zekerheidscoëfficiënt, welke afwisselt van 4—10; b.v. 4—6 voor zware blokken, 6—10 voor houten blokken; voor tijdelijk werk en steigerwerken wel 2—3.

De formule heeft slechts een betrekkelijke waarde; o.a. is bij de afleiding geen rekening gehouden met het feit, dat een groot deel (soms 50%) van het beschikbare arbeidsvermogen van het blok (B × h), verloren gaat voor het in beweging brenging van reep, rammelschijf en trommel. Er bestaan nog andere formules, welke echter evenmin absoluut betrouwbare uitkomsten geven.

Toe te laten belasting van schroefpalen.

Deze is behalve van den grondweerstand afhankelijk van de drukvastheid van het ijzer in verband met de doorsnede en de lengte van den paal.

De totale druk moet in het algemeen niet grooter zijn dan 1,8 KG per cM^2 van de horizontale volle projectie van het schroefblad; voor een schroef van 90 cM diameter dus hoogstens 11 456 KG, aannemende, dat de drukweerstand van den grond zelf grooter is dan 1,8 KG per cM^2.

Het aantal schroefpalen en de grootte der schroefbladen voor een bouwwerk is hiernaar te berekenen.

Gegevens omtrent de toepassing van schroefpalen in Ned.-Indië, vindt men in het Indisch Bouwkundig Tijdschrift, jaargang 1911.

Dikten van muren.

Minimum (gemiddelde) dikte van muren volgens de bouwverordening te Rotterdam

Hoogte der muren tot en met	Pakhuizen:			Magazijnen of bergplaatsen:			Woonhuizen:		
	scheids- en zijmuren	Draagmuren	Gevel- of sluitmuren	scheids- en zijmuren	Draagmuren	Gevel- of sluitmuren	scheids- en zijmuren	Draagmuren	Gevel- of sluitmuren
4,— M.	0,22	0,18	0,16	0,19	0,16	0,16	0,16	0,14	0,16
5,— ,,	0,23	0,20	0,18	0,20^5	0,17^5	0,17	0,18	0,15	0,16
6,— ,,	0,24	0,21	0,20	0,22	0,19	0,19	0,20	0,17	0,18
7,— ,,	0,26	0,22	0,22	0,24	0,20	0,20	0,22	0,18	0,18
8,— ,,	0,28	0,23	0,22	0,25^5	0,21	0,20^5	0,23	0,19	0,19
9,— ,,	0,29	0,24	0,22	0,26^5	0,22	0,20^5	0,24	0,20	0,19
10,— ,,	0,30	0,25	0,23	0,27^5	0,23	0,21^5	0,25	0,21	0,20
11,— ,,	0,31	0,26	0,23	0,28^5	0,24	0,21^5	0,26	0,22	0,20
12,— ,,	0,32	0,27	0,24	0,29^5	0,25	0,22^5	0,27	0,23	0,21
13,— ,,	0,33	0,28	0,24	0,30^5	0,26	0,22^5	0,28	0,24	0,21
14,— ,,	0,34	0,29	0,25	0,31^5	0,27	0,23^5	0,29	0,25	0,22
15,— ,,	0,35	0,30	0,25	0,32^5	0,28	0,23^5	0,30	0,26	0,22
16,— ,,	0,36	0,31	0,26	0,33^5	0,29	0,24^5	0,31	0,27	0,23
17,— ,,	0,37	0,32	0,26	0,34^5	0,30	0,25	0,32	0,28	0,24
18,— ,,	0,38	0,33	0,27	0,35^5	0,31	0,26	0,33	0,29	0,25
19,— ,,	0,39	0,34	0,28	0,36^5	0,32	0,27	0,34	0,30	0,26
20,— ,,	0,40	0,35	0,29	0,37^5	0,33	0,28	0,35	0,31	0,27
21,— ,,	0,42	0,37	0,30	0,39^5	0,34^5	0,29	0,37	0,32	0,28
22,— ,,	0,44	0,39	0,31	0,41^5	0,36	0,30	0,39	0,33	0,29
23,— ,,	0,46	0,41	0,32	0,43^5	0,37^5	0,31	0,41	0,34	0,30
24,— ,,	0,48	0,43	0,33	0,45^5	0,39^5	0,32	0,43	0,36	0,31
25,— ,,	0,50	0,45	0,34	0,47^5	0,41^5	0,33	0,45	0,38	0,32

Draagvermogen van balken, kolommen, enz.

Litteratuur.

F. N. Scheephorst en G. J. Tak. Zwaarte van houten en ijzeren balken voor woonhuizen, fabrieken, enz. bij diverse belastingen. Samengesteld in verband met de bouwverordening der Gemeente Amsterdam. Uitg. L. J. Veen, Amsterdam, 1909. f 1.50.

Eisen im Hochbau. Ein Taschenbuch, herausgegeben vom Stahlwerksverband, A. G. Düsseldorf.

B. Böhm en E. John. Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern. 12 Mk. Julius Springer, Berlijn 1913.

Draagvermogen van aan de beide uiteinden opgelegde balken.

Het draagvermogen P = ql bij een spanwijdte l van den balk en bij een gelijkmatig verdeelde belasting q per lengte-eenheid, is berekend volgens de formule (Zie bldz. 316.)

$$P = 8\,\frac{WT}{l}.$$

Is in de tabellen geen spanwijdte opgegeven, dan is het draagvermogen berekend voor een overspanning l = 1 Meter.

Voor een overspanning l is het draagvermogen dan gelijk aan $\frac{1}{l}$ van het aangegeven bedrag.

Bij geconcentreerde belasting in het midden van den balk is het draagvermogen

$$P = 4\,\frac{WT}{l}$$

of de helft van de aangegeven waarden.

a. Houten balken, waarbij de maximum trekspanning T op 80 KG per cM^2 aangenomen is (8-voudige zekerheid).

Breedte in cM	Hoogte in cM	Draagvermogen in KG bij gelijkm. verd. belasting	Breedte in cM	Hoogte in cM	Draagvermogen in KG bij gelijkm. verd. belasting
6,5	15	1 560	12,5	12,5	2 083
	16,5	1 887		15	3 000
	18	2 246		17,5	4 083
				20	5 333
7,5	7,5	450		25	8 333
	10	800		28	10 455
	12,5	1 250			
	15	1 800	15	15	3 600
	18	2 592		17,5	4 900
	20	3 200		20	6 400
	23	4 232		25	10 000
	26	5 408		28	12 544
	28	6 272		30	14 400
10	10	1 066	17	25	11 333
	12,5	1 666		28	14 216
	15	2 400		30	16 320
	17,5	3 266			
	20	4 266	20	25	13 333
	22	5 162		28	16 725
	25	6 666		30	19 200
	28	8 362			
	30	9 600	22	25	14 666
	32	10 922		28	18 397
				30	21 120
			25	28	20 906
				30	24 000
				32	27 306

b. Gewalst ijzeren balken. (Zie ook Profiel- en Staafijzer, blz. 605.)

1. I-*ijzeren liggers.* D. N. P.

Buigspanning 850 KG per cM² (als voorgeschreven in de Bouwverordening der Gemeente Amsterdam; grootste doorbuiging 1/600 van de spanwijdte. Het eigengewicht van den ligger is bij het opgegeven draagvermogen reeds van de totaalbelasting afgetrokken.

Normaal profiel No.	Toe te laten gelijkmatig verdeelde belasting in KG bij een spanwijdte in Meters van:													
	1,—	1,5	2,—	2,5	3,—	3,5	4,—	4,5	5,—	5,5	6,—	6,5	7,—	7,5
8	1 327	880	491	307	206	143	102	73	51	34	20	9	—	—
9	1 775	1 177	741	466	314	222	160	117	85	61	41	25	12	—
10	2 331	1 547	1 084	684	464	330	242	180	135	100	73	50	32	16
11	2 969	1 971	1 470	963	657	470	347	261	199	151	114	84	59	38
12	3 736	2 481	1 851	1 328	908	653	485	369	283	219	169	128	95	67
13	4 591	3 050	2 277	1 771	1 214	875	654	500	388	303	237	185	142	106
14	5 609	3 728	2 783	2 214	1 604	1 160	869	668	521	411	326	258	202	156
15	6 709	4 459	3 331	2 650	2 063	1 495	1 123	866	680	540	432	346	276	218
16	8 006	5 322	3 976	3 165	2 621	1 910	1 439	1 113	877	700	564	456	368	295
17	9 432	6 272	4 686	3 731	3 091	2 390	1 804	1 399	1 106	887	718	584	476	387
18	10 994	7 311	5 464	4 352	3 606	2 974	2 248	1 747	1 386	1 115	907	742	609	500
19	12 692	8 441	6 310	5 027	4 167	3 549	2 752	2 143	1 703	1 375	1 122	923	763	631
20	14 662	9 753	7 292	5 810	4 817	4 105	3 354	2 615	2 083	1 686	1 380	1 140	946	787
21	16 700	11 109	8 307	6 620	5 491	4 680	4 025	3 142	2 507	2 033	1 669	1 382	1 152	964
22	19 077	12 692	9 492	7 566	6 276	5 351	4 653	3 766	3 008	2 444	2 011	1 670	1 397	1 173
23	21 523	14 320	10 711	8 539	7 085	6 042	5 255	4 453	3 562	2 898	2 389	1 989	1 668	1 406
24	24 240	16 130	12 066	9 620	7 983	6 809	5 924	5 232	4 209	3 429	2 831	2 362	1 986	1 680
26	30 286	20 156	15 080	12 026	9 984	8 518	7 414	6 551	5 728	4 676	3 872	3 241	2 736	2 324
28	37 148	24 725	18 502	14 759	12 255	10 460	9 107	8 050	7 200	6 217	5 158	4 328	3 665	3 126
30	44 758	29 794	22 298	17 790	14 775	12 614	10 987	9 715	8 692	7 850	6 707	5 640	4 787	4 094
32	53 591	35 677	26 704	21 308	17 701	15 116	13 169	11 648	10 425	9 419	8 576	7 251	6 167	5 287
34	63 240	42 103	31 518	25 153	20 899	17 850	15 555	13 762	12 322	11 137	10 143	9 147	7 792	6 693
36	74 588	49 662	37 180	29 675	24 666	21 066	18 362	16 250	14 552	13 157	11 987	10 992	9 794	8 425
38	86 548	57 629	43 148	34 443	28 628	24 458	21 322	18 874	16 907	15 290	13 935	12 783	11 789	10 388
40	100 004	66 592	49 863	39 808	33 086	28 276	24 655	21 828	19 558	17 692	16 129	14 799	13 653	12 654
42½	119 168	79 359	59 429	47 450	39 449	33 715	29 403	26 038	23 336	21 115	19 257	17 675	16 313	15 125
45	139 489	92 897	69 572	55 554	46 187	39 484	34 440	30 505	27 345	24 749	22 576	20 729	19 137	17 750
47½	162 800	108 427	81 209	64 852	53 927	46 104	40 222	35 632	31 948	28 921	26 389	24 236	22 382	20 767
50	188 220	125 363	93 899	74 993	62 365	53 325	46 528	41 226	36 970	33 475	30 550	28 065	25 925	24 061
55	246 673	164 310	123 086	98 319	81 779	69 941	61 042	54 102	48 533	43 962	40 138	36 890	34 094	31 660

Normaal profiel No.	Toe te laten gelijkmatig verdeelde belasting in KG bij een spanwijdte in Meters van:														
	8,—	8,5	9,—	9,5	10,—	10,5	11,—	11,5	12,—	12,5	13,—	13,5	14,—	14,5	15.—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	20	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	44	23	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	75	49	26	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	117	84	54	28	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	169	127	91	58	30	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	234	182	137	98	63	31	3	—	—	—	—	—	—	—	—
17	312	249	194	146	103	65	31	—	—	—	—	—	—	—	—
18	409	331	264	206	155	109	68	31	—	—	—	—	—	—	—
19	521	428	347	278	217	162	114	70	30	—	—	—	—	—	—
20	655	543	447	364	291	227	169	117	70	27	—	—	—	—	—
21	807	674	561	463	377	301	234	173	118	68	21	—	—	—	—
22	988	831	697	582	481	392	313	241	177	119	65	15	—	—	—
23	1 189	1 006	850	715	597	494	402	320	245	178	116	58	7	—	—
24	1 425	1 211	1 029	872	735	615	509	414	328	250	179	113	53	—	—
26	1 984	1 698	1 455	1 247	1 065	906	766	641	528	426	334	249	171	98	31
28	2 680	2 306	1 989	1 717	1 481	1 275	1 093	931	786	656	537	429	329	238	153
30	3 522	3 044	2 638	2 291	1 990	1 728	1 497	1 292	1 109	944	795	659	534	419	314
32	4 561	3 954	3 440	3 001	2 621	2 290	1 999	1 742	1 512	1 305	1 119	949	794	652	521
34	5 786	5 030	4 390	3 843	3 371	2 961	2 600	2 281	1 998	1 743	1 518	1 305	1 115	941	781
36	7 298	6 357	5 562	4 884	4 299	3 791	3 345	2 951	2 601	2 287	2 005	1 749	1 516	1 303	1 107
38	9 012	7 864	6 896	6 069	5 358	4 740	4 199	3 721	3 297	2 917	2 576	2 268	1 987	1 731	1 496
40	11 040	9 649	8 476	7 476	6 615	5 688	5 215	4 639	4 127	3 671	3 261	2 890	2 554	2 247	1 966
42½	14 077	12 323	10 845	9 586	8 503	7 565	6 744	6 021	5 381	4 810	4 297	3 835	3 416	3 034	2 685
45	16 529	15 392	13 566	12 011	10 676	9 519	8 508	7 619	6 831	6 130	5 501	4 935	4 422	3 955	3 529
47½	19 345	18 083	16 838	14 931	13 293	11 875	10 637	9 549	8 586	7 729	6 962	6 271	5 647	5 079	4 561
50	22 421	20 966	19 664	18 307	16 321	14 603	13 104	11 788	10 624	9 589	8 663	7 830	7 077	6 394	5 771
55	29 519	27 621	25 924	24 397	23 889	21 429	19 286	17 405	15 745	14 270	12 952	11 769	10 702	9 735	8 854

2. *Differdinger balken* met breede flenzen (Grey-balken).
Draagvermogen in KG voor een maximum buigspanning van 1000 KG per cM^2 bij 1 M overspanning (4-voudige zekerheid).
Voor buigspanningen van x KG per cM^2 te vermenigvuldigen met 0,001 x.

Profielnummer	Draagvermogen bij gelijkmatig verdeelde beslating	Profielnummer	Draagvermogen bij gelijkmatig verdeelde belasting
18 B	31 200	36 B	188 800
20 ,,	41 360	38 ,,	208 400
22 ,,	53 680	40 ,,	231 350
24 ,,	68 400	42½ ,,	256 950
25 ,,	77 200	45 ,,	287 600
26 ,,	88 300	47½ ,,	319 350
27 ,,	97 900	50 ,,	356 100
28 ,,	108 900	55 ,,	424 650
29 ,,	120 650	60 ,,	478 150
30 ,,	134 400	65 ,,	535 200
32 ,,	150 550	75 ,,	645 450
34 ,,	165 850		

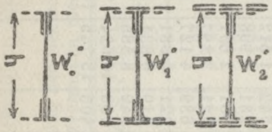


Fig. 1.

c. Geconstrueerd ijzeren balken.

1. *Geconstrueerde* I *liggers.*

De weerstandsmomenten zijn berekend na aftrek der vertikale boutgaten.

Ribhoogte h cM	W_0'' in cM^3 Ribdikte 0,8 Mc en				Flens- en Ribdikte 1 cM					
	hoekijzers 6 × 6 × 0,8 cM boutdikte 1,6 cM	6,5×6,5×0,9 cM boutdikte 1,8 cM	7 × 7 × 0,9 cM boutdikte 1,8 cM	7,5×7,5×0,9 cM boutdikte 1,8 cM	boutdikte 2 cM hoekijzers 8 × 8 × 1 cM flensbr. 18 cM		boutdikte 2 cM hoekijzers 9 × 9 × 1,1 cM flensbr. 20 cM		boutd. 2,3 cM hoekijzers 10×10×1,2 cM flensbr. 23 cM	
					W_1'' cM^3	W_2'' cM^3	W_1'' cM^3	W_2'' cM^3	W_1'' cM^3	W_2'' cM^2
20	259	300	318	336						
25	362	419	445	470						
30	472	549	583	615	1 077	1 462	1 293	1 778	1 523	2 135
35	590	687	729	770	1 321	1 771	1 585	2 151	1 864	2 579
40	715	834	884	933	1 575	2 092	1 887	2 536	2 218	3 036
45	847	988	1 047	1 105	1 839	2 422	2 150	2 933	2 584	3 507
50	986	1 151	1 218	1 284	2 112	2 762	2 522	3 339	2 960	3 988
55	1 132	1 321	1 397	1 472	2 395	3 112	2 854	3 756	3 346	4 479
60	1 285	1 499	1 584	1 667	2 686	3 470	3 196	4 182	3 741	4 981
65					2 986	3 838	3 546	4 617	4 146	5 492
70					3 294	4 214	3 906	5 061	4 560	6 013
75					3 612	4 599	4 273	5 514	4 983	6 543
80					3 938	4 992	4 650	5 976	5 415	7 082
85					4 273	5 394	5 036	6 447	5 856	7 739
90					4 615	5 805	5 430	6 926	6 305	8 186
95					4 967	6 224	5 832	7 623	6 763	8 751
100					5 326	6 652	6 243	7 910	7 229	9 325
105					5 695	7 088	6 662	8 619	7 701	9 908
110					6 071	7 533	7 090	8 929	8 188	10 499
115					6 456	7 985	7 527	9 451	8 680	11 099
120					6 849	8 447	7 971	9 981	9 181	11 707
125					7 252	8 917	8 424	10 520	9 690	12 324
130					7 662	9 395	8 886	11 068	10 207	12 949
135					8 080	9 882	9 355	11 623	10 733	13 583
140					8 507	10 377	9 832	12 187	11 268	14 225

2. *Gekoppelde kanaalijzers*][volgens de Duitsche normaalprofielen.

Grootste buigspanning 850 KG per cM^2.
Grootste doorbuiging $^1/_{600}$ der spanwijdte.

Het eigengewicht van de liggers is bij onderstaande getallen reeds van de totaalbelasting afgetrokken.

Norm. profiel. No.	Toe te laten gelijkmatig verdeelde belasting in KG bij een spanwijdte in Meters van														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
5	1 358	592	320	191	119	73	41	17	—	—	—	—	—	—	—
6½	2 420	1 299	714	440	287	193	129	83	48	20	—	—	—	—	—
8	3 614	2 395	1 335	834	557	387	274	193	133	87	49	18	—	—	—
10	5 609	3 722	2 608	1 643	1 115	792	578	429	319	235	168	114	69	31	—
12	8 337	5 536	3 129	2 944	2 011	1 443	1 070	810	620	476	363	273	198	135	81
14	11 800	7 840	5 852	4 653	3 369	2 434	1 822	1 397	1 088	856	675	531	414	316	233
16	15 806	10 506	7 847	6 244	5 169	3 764	2 832	2 187	1 721	1 371	1 100	885	711	566	445
18	20 560	13 670	10 214	8 132	6 737	5 548	4 190	3 252	2 574	2 068	1 677	1 368	1 119	913	741
20	26 130	17 377	12 989	10 346	8 576	7 304	5 965	4 645	3 694	2 984	2 438	2 008	1 661	1 376	1 138
22	33465	22 261	16 645	13263	10 999	9 373	8 147	6 592	5 260	4 267	3 505	2 905	2 423	2 029	1 700
26	50 720	33 751	25 247	20 129	16 705	14 249	12 397	10 948	9 569	7 805	6 454	5 395	4 546	3 854	3 281
30	73008	48 596	36 366	29011	24 091	20 564	17 908	15 831	14161	12786	10 917	9175	7 783	6 651	5 716

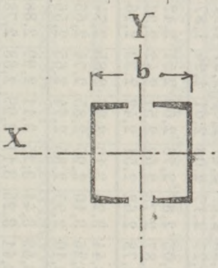


Fig. 2.

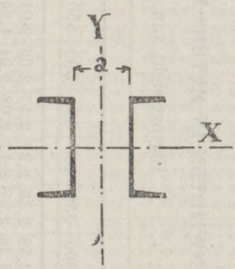
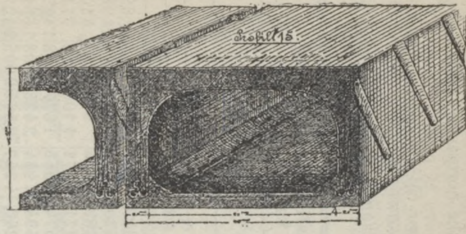


Fig. 2a.

Afstanden a en b der kanaalijzers (fig. 2 en 2a), waarbij de beide hoofdtraagheidsmomenten gelijk zijn.

Normaal profiel Nr.	Afstand	
	a cM	b cM
5	0,38	—
6½	1,54	—
8	2,71	—
10	4,14	10,34
12	5,49	11,89
14	6,81	13,81
16	8,15	15,51
18	9,47	17,15
20	10,78	18,82
22	12,05	20,61
24	13,34	22,26
26	14,60	24,04
28	15,94	26,06
30	17,24	28,04

Profiel der Siegwartbalken: Fig. 3.



d. Gewapend betonbalken.

Siegwartbalken. Tabel van het draagvermogen van holle Siegwartbalken voor gelijkmatig verdeelde lasten van 100—1200 KG per M² bij vrije oplegging d. w. z. $M = \frac{1}{8}\, ql^2$ bij een verhouding der elasticiteitscoëfficienten $\mu = 15$. Drukspanning in het beton $\overline{\leq}$ 40 KG per cM²; trekspanning in het ijzer $\overline{\leq}$ 1200 KG per cM².

Balken Hoogte in cM	Balken Breedte in cM	Gewicht van de balken M¹ in KG	Gewicht van de balken M² in KG	Eigengew. v. d. vloer zonder de balken p.M²	VRIJE SPANWIJDTEN IN METERS VOOR BELASTINGEN VAN — KG PER M² Eigengewicht van de balken medegerekend. 100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200
12	27	37	137	0	3,42	3,11	2,87	2,67	2,52	2,38	2,27	2,17	2,08	2,01	1,94										
				50	3,11	2,87	2,67	2,52	2,38	2,27	2,17	2,08	2,01	1,94	1,87										
				100	2,87	2,67	2,52	2,38	2,27	2,17	2,08	2,01	1,94	1,87	1,82										
12	27	37	137	0	4,12	3,74	3,45	3,22	3,03	2,87	2,73	2,62	2,51	2,42	2,33										
				50	3,74	3,45	3,22	3,03	2,87	2,73	2,62	2,51	2,42	2,33	2,26										
				100	3,45	3,22	3,03	2,87	2,73	2,62	2,51	2,42	2,33	2,26	2,19										
12	27	37	137	0	4,67	4,24	3,91	3,65	3,44	3,26	3,10	2,97	2,85	2,74	2,65										
				50	4,24	3,91	3,65	3,44	3,26	3,10	2,97	2,85	2,74	2,65	2,56										
				100	3,91	3,65	3,44	3,26	3,10	2,97	2,85	2,74	2,65	2,56	2,48										
15	27	40	148	0	4,83	4,41	4,08	3,81	3,59	3,41	3,25	3,11	2,99	2,88	2,78	2,69	2,61	2,54	2,47						
				50	4,41	4,08	3,81	3,59	3,41	3,25	3,11	2,99	2,88	2,78	2,69	2,61	2,54	2,47	2,41						
				100	4,08	3,81	3,59	3,41	3,25	3,11	2,99	2,88	2,78	2,69	2,61	2,54	2,47	2,41	2,35						

Balken		Gewicht van de balken		Eigengew. v. d. vloer zonder de balken p. M²	VRIJE SPANWIJDTEN IN METERS VOOR BELASTINGEN VAN — KG PER M² Eigengewicht van de balken medegerekend.																				
Hoogte	Breedte	M¹	M²																						
in cM		in KG			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 100	1 200
15	27	40	148	0	5,26	4,80	4,44	4 15	3,91	3,71	3,54	3,39	3,25	3,13	3,03	2,93	2,84	2,76	2,69						
				50	4,80	4,44	4,15	3,91	3,71	3,54	3,39	3,25	3,13	3,03	2,93	2,84	2,76	2,69	2,62						
				100	4,44	4,15	3,91	3,71	3,54	3,39	3,25	3,13	3,03	2,93	2,84	2,76	2,69	2,62	2,56						
15	27	40	148	0	5,74	5,23	4,84	4,53	4,27	4,05	3,86	3,70	3,55	3,42	3,30	3,20	3,10	3,02	2,94						
				50	5,23	4,84	4,53	4,27	4,05	3,86	3,70	3,55	3,42	3,30	3,20	3,10	3,02	2,94	2,86						
				100	4,84	4,53	4,27	4,05	3,86	3,70	3,55	3,42	3,30	3,20	3,10	3,02	2,94	2,86	2,79						
18	27	44	163	0				4,54	4,28	4,07	3,88	3,72	3,58	3,45	3,34	3,23	3,14	3,05	2,97	2,90	2,83	2,76	2,70		
				50				4,28	4,07	3,88	3,72	3,58	3,45	3,34	3,23	3,14	3,05	2,97	2,90	2,83	2,76	2,70	2,65		
				100				4,07	3,88	3,72	3,58	3,45	3,34	3,23	3,14	3,05	2,97	2,90	2,83	2,76	2,70	2,65	2,59		
18	27	44	163	0				4,99	4,71	4,47	4,27	4,09	3,94	3,80	3,67	3,55	3,45	3,35	3,27	3,18	3,11	3,04	2,97		
				50				4,71	4,47	4,27	4,09	3,94	3,80	3,67	3,55	3,45	3,35	3,27	3,18	3,11	3,04	2,97	2,91		
				100				4,47	4,27	4,09	3,94	3,80	3,67	3,55	3,45	3,35	3,27	3,18	3,11	3,04	2,97	2,91	2,85		
18	27	56	208	0				5,35	5,08	4,85	4,65	4,47	4,31	4,16	4,03	3,91	3,80	3,70	3,61	3,52	3,44	3,37	3,30		
				50				5,08	4,85	4,65	4,47	4,31	4,16	4,03	3,91	3,80	3,70	3,61	3,52	3,44	3,37	3,30	3,23		
				100				4,85	4,65	4,47	4,31	4,16	4,03	3,91	3,80	3,70	3,61	3,52	3,44	3,37	3,30	3,23	3,17		
21	27	52	185	0				5,29	5,01	4,77	4,56	4,38	4,21	4,07	3,94	3,82	3,71	3,61	3,51	3,43	3,35	3,27	3,20	3,08	2,96
				50				5,01	4,77	4,56	4,38	4,21	4,07	3,94	3,82	3,71	3,61	3,51	3,43	3,35	3,27	3,20	3,14	3,02	2,91
				100				4,77	4,56	4,38	4,21	4,07	4,94	3,82	3,71	3,61	3,51	3,43	3,35	3,27	3,20	3,14	3,08	2,96	2,86
21	27	50	185	0				5,85	5.54	5,27	5,04	4,84	4,66	4,50	4,35	4,22	4,10	3,99	3,88	3,79	3,70	3,62	3,54	3,40	3,28
				50				5,54	5,27	5,04	4,84	4,66	4,50	4,35	4,22	4,10	3,99	3,88	3,79	3,70	3,62	3,54	3,47	3,34	3,22
				100				5,27	5,04	4,84	4,66	4,50	4,35	4,22	4,10	3,99	3,88	3,79	3,70	3,62	3,54	3,47	3,40	3,28	3,16
21	27	60	223	0				6,28	5 97	5,71	5,47	5,27	5,08	4,91	4,76	4,62	4,50	4,38	4,27	4,18	4,08	3,99	3,91	3,76	3,62
				50				5,97	5,71	5,47	5,27	5,08	4,91	4,76	4,62	4,50	4,38	4,27	4,18	4,08	3,99	3,91	3,83	3,69	3,56
				100				5,71	5,47	5,27	5,08	4,91	4,76	4,62	4,50	4,38	4,27	4,18	4,08	3,99	3,91	3,83	3,76	3,62	3,50

Draagvermogen van stijlen en kolommen.

In de hieronder volgende formules zal het draagvermogen in het algemeen door P worden aangeduid.

a) *Houten stijlen.*

Houten stijlen, waarvan de lengte meer dan 12 maal de minste dikte bedraagt, moeten op knik worden berekend.

Uit de proeven te Watertown, Mass, in 1891 verricht, heeft Mr. James H. Stanwood de volgende empirische formules afgeleid voor houten stijlen,

waarbij l de lengte van den stijl in inch,

b de kortste zijde van de rechthoekige doorsnede of de middellijn van de ronde doorsnede eveneens in inch.

P = het draagvermogen per sq. inch. in pounds. (0,0703 KG/cM²).

Yellow pine: $$P = 1000 - 10\frac{l}{b}$$

White pine en eiken: $$P = 850 - 8{,}5\frac{l}{b}$$

Noorsch naaldhout: $$P = 750 - 7{,}5\frac{l}{b}$$

b) *IJzeren kolommen of stijlen.*

1) *Gegoten ijzeren kolommen* (holle) volgens de formule van *Rankine* en *Schwarz*.

$$P = \frac{f\,S}{1 + \frac{0{,}0002\, f\, l^2}{J}}$$ waarin f = doorsnede in cM².

S = max. toe te laten spannng = 500 KG/cM².

l = lengte van de kolom in cM.

J = traagheidsmoment der dwarsdoorsnede.

Middellijn van de kolom in mM	Wanddikte in mM	Gewicht per M in KG	Draagvermogen in tonnen bij een lengte in Meters van						
			2	3	4	5	6	7	8
80	10	16	4,8	2,8	1,3	0,8	0,5		
	14	21	6	3,3	1,6	0,9	0,6		
100	12	24,1	9,2	5,9	3,7	2,1	1,3	0,9	
	16	30,6	11,3	7,1	4,2	2,4	1,6	1,1	
120	12	29,5	13,2	9.2	6,4	4,2	2,6	1,8	1,3
	16	37,9	16,6	11,4	7,9	5	3,1	2,1	1,6
	20	45,5	19,4	13,2	9	5,5	3,5	2,4	1,8
140	12	35	17,4	12,9	9,5	7,1	4,9	3,2	2,4
	16	45,2	22,1	16,3	11,8	8,8	5,9	3,9	2,8
	20	54,7	26,3	19,2	13,8	10,2	6,6	4,4	3,2
160	12	40,5	21,7	16,9	12,9	10	7,8	5,5	3,9
	16	52,5	27,7	21,5	16,4	12,5	9,7	6,7	4,7
	20	63,8	33,4	25,6	19,3	14,7	11,4	7,6	5,4
	24	74,3	38,3	29,2	21,8	16,5	12,7	8,2	5,8
180	12	45,9	25,8	21	16,7	13,2	10,5	8,5	6,1
	16	59,7	33,5	27,1	21,3	16,8	13,3	10,7	7,6
	20	72,9	40,5	32,7	25,6	20,1	15,9	12,8	8,8
	24	85,3	46,8	37,3	19	22,6	17,8	13,8	9,5

Middellijn van de kolom in mM	Wand-dikte in mM	Gewicht per M in KG	Draagvermogen in tonnen bij een lengte in Meters van						
			2	3	4	5	6	7	8
200	14	59,3	34,5	29	23,6	19,1	15,4	12,6	10,4
	18	74,6	43,1	35,9	29,1	23,4	18,8	15,3	12,5
	22	89,2	51,3	42,4	34,2	27,3	22	17,8	14
	26	103	58,8	48,5	38,8	30,8	24,7	20	15,2
	30	116,1	65,8	53,8	42,9	34,1	27,2	21,9	16,3
250	18	95,1	58,5	51,7	44,3	37,5	31,5	26,5	22,4
	22	114,3	70,3	62,1	53,3	45,1	37,8	31,8	26,9
	26	132,7	81,1	71	60,6	50,9	42,5	35,7	30
	30	150,3	91,8	80,4	68,6	57,6	48,1	40,4	34
	34	167,3	101,5	88,4	74,7	62,3	51,9	43,4	36,2
300	20	127,5	81,4	74,6	66,7	58,6	51,2	44,5	38,5
	24	150,9	96,4	88.2	78,9	69,3	60,6	52,6	45,6
	28	173,5	110,1	99,8	88,5	77,3	66,8	57,7	49,8
	32	195,3	123,9	112,3	99,7	87	75,2	64,9	56
	36	216,5	137,4	124,5	110,5	96,4	83,3	72	62,1
	40	236,9	149	134,3	117,9	102,3	87,6	75,1	64,4

2). *Getrokken ijzeren buizen* (gasbuizen).

Volgens de formule van *Rankine* en *Schwarz*:

$$P = \frac{f\,S}{1 + \frac{0{,}0001\ fl^2}{J}}$$

waarin f = doorsnede in cM^2
S = max. toe te laten spanning = 1000 KG/cM^2
l = lengte van de buis in cM.
J = traagheidsmoment der doorsnede.

Inwendige middellijn in Eng. dm.	Gewicht per strekkenden Meter.	Draagvermogen in tonnen bij een hoogte in Meters van						
		2,—	2,50	3,—	3,50	4,—	4,50	5,—
$1^3/_4$	5,—	2,49	1,87	1,44	1,13	0,90	0,74	0,61
2	6,—	3,87	3,—	2,35	1,88	1,51	1,25	1,04
$2^1/_4$	7,50	7,32	5,89	4,73	3,85	3,17	2,64	2,22
$2^1/_2$	8,—	8,56	7,02	5,76	4,75	3,95	3,32	2,81
3	9,50	11,62	9,88	8,33	7,04	5,96	5,09	4,37
$3^1/_2$	11,—	14,79	12,90	11,15	9,62	8,30	7,18	6,24
4	12,50	16,44	14,66	13,14	11,36	9,96	8,74	7,68
5	16,—	23,75	21,88	19,95	18,08	16,31	14,68	13,21
6	19,—	29,27	27,54	25,64	23,74	21,86	20,06	18,37
7	28,—	34,77	33,19	31,33	29,59	27,70	25,85	24,04
8	32,50	40,06	38,57	36,90	35,10	33,24	31,35	29,48

3). *Differdingerbalken met breede flenzen* (Grey-balken).
Draagvermogen als kolommen in tonnen bij 5-voudige zekerheid tegen knikken:

Profiel-nummer.	Vrije hoogte in Meters. $P = \frac{0{,}4\ J}{l^2}$													
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	11	12
18 B	26,8	21,2	17,2	14,2	11,9	10,2	8,8	7,6	6,7	5,9	5,3	4,8	4,3	3,5	3,0
20 B	39,2	31	25,1	20,7	17,4	14,8	12,8	11,1	9,8	8,7	7,7	6,9	6,3	5,2	4,4
22 B	55,4	43,8	35,5	29,3	24,6	21	18,1	15,8	13,8	12,3	11,0	9,8	8,9	7,3	6,2
24 B	76,1	60,1	48,7	40,2	33,8	28,8	24,8	21,6	19,0	16,8	15,0	13,5	12,2	10,1	8,5
25 B	89,4	70,6	57,2	47,3	39,8	33,8	29,2	25,4	22,3	19,8	17,7	15,8	14,3	11,8	9,9
26 B	107	84,2	68,2	56,3	47,4	40,3	34,8	30,3	26,7	23,6	21,0	18,9	17,1	14,1	11,8
27 B	123	97,2	78,7	65,1	54,7	46,6	40,1	35	30,8	27,2	24,3	21,8	19,7	16,3	13,7
28 B	—	112	90,7	76	63	53,7	46,3	40,3	35,4	31,4	28,0	25,1	22,7	18,8	15,7
29 B	—	127	103	84,9	71,3	60,8	52,4	45,6	40,1	35,5	31,7	28,4	25,7	21,2	17,8
30 B	—	148	120	99,1	83,3	71	61,2	53,3	46,8	41,5	37,0	33,2	30,0	24,8	20,8
32 B	—	155	126	104	87,4	74,4	64,2	55,9	49,2	43,6	38,9	34,9	31,5	26,0	21,9
34 B	—	160	130	107	90	76,7	66,1	57,6	50,6	44,8	40,0	35,9	32,4	26,8	22,5
36 B	—	174	141	116	97,7	83,2	71,8	62,5	54,9	48,7	43,3	39,0	35,2	29,1	24,4
38 B	—	181	147	121	102	86,9	74,9	65,2	57,3	50,8	45,3	40,6	36,6	30,4	25,5
40 B	—	192	156	129	108	92	79,3	69,1	60,8	53,8	48,0	43,1	38,9	32,2	27,0
42½ B	—	199	161	133	112	95,4	82,2	71,6	63,0	55,8	49,8	44,6	40,3	33,3	28,0
45 B	—	211	171	141	119	101	87	75,8	66,7	59,1	52,8	47,3	42,7	35,3	29,7
47½ B	—	220	178	147	124	105	90,9	79,2	69,6	61,8	55,0	49,4	44,6	36,9	31,1
50 B	—	231	187	155	130	111	95,6	83,3	73,2	64,9	57,9	51,9	46,9	38,8	32,6
55 B	—	249	201	166	140	119	103	89,4	78,6	69,5	62,2	55,7	50,3	41,6	35,0
60 B	—	250	203	167	141	120	104	90,2	79,2	70,1	62,6	56,2	50,7	41,9	35,2
65 B	—	253	205	169	142	121	105	91,1	80,1	70,9	63,3	56,8	51,3	42,4	35,6
75 B	—	253	205	170	142	121	105	91,2	80,1	70,9	63,3	56,8	51,3	42,4	35,6

4). *Kolommen samengesteld uit 4 kwadrantijzers.*
Maximumspanning S = 1000 Kg/cM².

Nummer = straal van de doorsnede in cM	Wand-dikte in cM	Draagvermogen in tonnen bij een hoogte in Meters van									
		2,—	2,50	3,—	3,50	4,—	4,50	5,—	5,50	6,—	7,—
5	0,4	24	22	20	18	16	14	12	11	10	8
5	0,6*	32	29	26	23	21	18	16	14	13	10
5	0,8	39	36	32	29	25	23	20	18	16	13
7½	0,6	49	46	44	41	38	35	32	30	27	23
7½	0,8*	60	57	54	50	46	43	40	37	34	28
7½	1,—	72	68	64	59	55	51	47	43	40	34
10	0,8	82	79	76	73	69	66	62	59	55	49
10	1,—*	97	94	90	86	82	78	74	69	65	58
10	1,2	112	108	104	100	95	90	85	80	76	67
12½	1,—	123	120	116	113	109	105	100	96	91	83
12½	1,2*	142	138	134	130	126	121	116	111	106	96
12½	1,4	160	156	152	147	142	137	131	125	120	109
15	1,2	171	168	165	161	157	152	147	142	137	127
15	1,4*	194	191	187	182	177	172	167	161	155	144
15	1,6*	217	214	209	204	199	193	187	181	174	161
15	1,8	239	235	230	225	219	212	206	199	197	177

*) Minder courante afmeting.

5). *Kolommen of stijlen samengesteld uit 4 hoekijzers* (fig. 4).

De max. buigspanning S = 1000 KG per cM².

De uiteinden scharnierend bevestigd,

$$P = \frac{1}{n} \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$$

waarbij n = 5.



Fig. 4.

DRAAGVERMOGEN IN TONNEN.

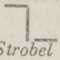
DOORSNEDE.			Gewicht per M	HOOGTE IN METERS.																
Normaalprofiel.		Tusschen-ruimte in mM	KG	2,—	2,25	2,50	2,75	3,—	3,25	3,50	3,75	4,—	4,50	5,—	5,50	6,—	6,50	7,—	7,50	8,—
No.	Dikte der beenen v/h hoekijzer in mM																			
4	4	5	9,5	5,7	5,0	4,3	3,8	3,4	3,0	2,7	2,4	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6
	6	8	13,9	9,0	7,9	7,0	6,2	5,5	4,9	4,4	4,0	3,6	3.0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1
	8	10	17,9	12,3	10,9	9,8	8,7	7,8	7,0	6,3	5,7	5,2	4,3	3,6	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5
4¹/₂	5	6	13,3	9,0	8,0	7,1	6,3	5,7	5,1	4,6	4,1	3,7	3,1	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1
	7	9	18,1	13,1	11,7	10,5	9,4	8,5	7,6	6,9	6,2	5,7	4,7	4,0	3,4	2.9	2,5	2,2	1,9	1,7
	9	11	22,8	17,2	15,5	14,0	12,6	11,4	10.3	9,3	8,5	7,7	6,5	5,5	4,7	4,0	3,5	3,1	2,7	2,4
5	5	6	14,8	10,9	9,8	8,8	7,9	7,1	6,4	5,8	5,3	4,8	4,0	3,4	2,9	2,5	2,1	1,9	1.7	1,5
	7	9	20,3	15,7	14,2	12,9	11,6	10,5	9,5	8,7	7,9	7,2	6,1	5,1	4,4	3,8	3,3	2,9	2,5	2,3
	9	11	25,6	20,6	18,7	17,0	15,4	14,0	12,8	11,6	10,6	9,7	8,2	7,0	6,0	5,1	4,5	3,9	3,5	3,1
5¹/₂	6	8	19,5	15,8	14,3	13,0	11,8	10,8	9,8	8,9	8,2	7,5	6,3	5,4	4,6	4,0	3,5	3,1	2,7	2,4
	8	10	25,4	21,2	19,4	17,7	16,2	14,8	13,5	12,4	11,3	10,4	8,8	7,5	6,5	5,6	4,9	4,3	3,8	3,4
	10	13	31,2	27,1	25,0	22,9	21,0	19,3	17,7	16,3	15,0	13,8	11,7	10,1	8,7	7,6	6,6	5,8	5,2	4,6
6	6	8	21,4	18,2	16,7	15,3	14,0	12,8	11,7	10,7	9,8	9,0	7,7	6,6	5,7	4,9	4,3	3,8	3,4	3,0
	8	10	27,9	24,4	22,5	20,7	19,0	17,4	16,0	14,7	13,5	12,5	10,6	9,1	7,9	6,9	6,0	5,3	4,7	4,2
	10	13	34,3	31,0	28,7	26,6	24,5	22,6	20,9	19,2	17,8	16,4	14,1	12,1	10,5	9,2	8,1	7,2	6,4	5,7
6¹/₂	7	9	26,8	24,1	22,4	20,7	19,1	17,6	16,2	15,0	13,6	12,8	10,9	9,4	8,2	7,2	6,3	5,5	5,0	4,4
	9	11	34,0	31,2	29,0	26,9	24,9	23,1	21,3	19,7	18,2	16,9	14,5	12,6	10,9	9,5	8,4	7,5	6,6	5,9
	11	14	40.9	38,6	36,1	33,7	31,3	29,1	27,0	25,0	23,3	21,6	18,7	16,2	14,2	12,5	110,	9,8	8,8	7,8

DOORSNEDE.			Gewicht per M	HOOGTE IN METERS.																
Normaalprofiel.		Tusschen-ruimte in mM																		
No.	Dikte der beenen v/h hoekijzer in mM		KG	2,—	2,25	2,50	2,75	3,—	3,25	3,50	3,75	4,—	4,50	5,—	5,50	6,—	6,50	7,—	7,50	8,—
7	7	9	29,0	27,1	25,3	23,5	21,8	20,2	18,8	17,4	16,1	15,0	12,9	11,2	9,7	8,6	7,6	6,7	6,0	5,4
	9	11	36,8	35,0	32,8	30,6	28,5	26,5	24,6	22,8	21,2	19,7	17,1	14,9	13,0	11,4	10,1	9,0	8,0	7,2
	11	14	44,3	43,1	40,4	37,9	35,4	33,0	30,8	28,7	26,8	24,9	21,7	18,9	16,6	14,7	13,0	11,5	10,3	9,3
7½	8	10	35,4	34,4	32,3	30,3	28,3	26,4	24,6	22,9	21,4	19,9	17,3	15,1	13,3	11,7	10,4	9,2	8,3	7,4
	10	13	43,7	43,2	40,7	38,3	35,9	33,6	31,4	29,3	27,4	25,6	22,4	19,7	17,3	15,3	13,6	12,1	10,9	9,7
	12	15	51,6	51,9	49,1	46,3	43,5	40,8	38,3	35,9	33,6	31,4	27,6	24,3	21,4	19,0	16,9	15,1	13,6	12,2
8	8	10	37,9	37,7	35,6	33,5	31,4	29,5	27,6	25,8	24,2	22,6	19,8	17,4	15,3	13,5	12,0	10,7	9,6	8,7
	10	13	46,8	47,3	44,8	42,3	39,8	37,4	35,1	32,9	30,9	29,0	25,4	22,4	19,8	17,6	15,7	14,0	12,6	11,3
	12	15	55,4	56,7	53,8	50,9	48,1	45,3	42,7	40,0	37,6	35,4	31,2	27,5	24,4	21,7	19,4	17,4	15,6	14,1
9	9	11	48,0	50,1	47,8	45,4	43,1	40,7	38,4	36,3	34,2	32,2	28,6	25,4	22,6	20,2	18,0	16,3	14,7	13,2
	11	14	58,0	61,4	58,7	55,9	53,1	50,4	47,7	45,1	42,6	40,3	35,9	32,0	28,6	25,6	23,0	20,7	18,7	17,0
	13	16	67,7	72,3	69,3	66,1	63,0	59,9	56,8	53,8	51,0	48,3	43,1	38,5	34,5	31,0	27,9	25,2	22,7	20,7
10	10	13	59,3	64,2	61,6	59,0	56,4	53,7	51,1	48,6	46,1	43,8	39,4	35,3	31,8	28,7	25,8	23,3	21,2	19,3
	12	15	70,4	76,7	73,8	70,7	67,7	64,6	61,6	58,6	55,7	52,9	47,7	42,9	38,7	34,9	31,6	28,6	26,0	23,6
	14	18	81,3	89,5	86,3	82,9	79,5	76,1	72,7	69,4	66,1	62,9	56,9	51,5	46,5	42,1	38,1	34,6	31,5	28,8
11	10	13	65,5	72,7	70,1	67,5	64,8	62,2	59,5	56,9	54,3	51,7	47,0	42,5	38,6	34,9	31,8	28,9	26,3	24,0
	12	15	77,8	86,9	84,0	81,0	77,9	74,9	71,8	68,7	65,7	62,7	57,1	51,8	47,1	42,3	38,9	35,4	32,4	29,6
	14	18	90,0	101,2	98,1	94,6	91,3	87,7	84,2	80,8	77,3	74,0	67,5	61,5	56,1	51,0	46,5	42,5	38,9	35,7
12	11	14	78,6	89,0	86,4	83,6	80,6	77,7	74,7	71,8	68,8	65,9	60,5	55,2	50,5	46,1	42,1	38,5	35,3	32.4
	13	16	92,0	105,0	102,0	98,9	95,6	92,3	89,0	85,6	82,1	78,8	72,5	66,4	60,9	55,8	51,1	46,8	43,0	39,5
	15	18	105,3	120,6	117,2	113,7	110,0	106,2	102,5	98,7	94,9	91,3	84,0	77,1	70,7	64,9	59,5	54,7	50,2	46,2
13	12	15	92,8	107,0	104,2	101,3	98,2	95,1	91,9	88,7	85,3	82,2	75,9	70,0	64,4	59,3	54,5	50,2	46,2	42,6
	14	18	107,5	124,4	121,3	117,8	114,5	110,9	107,2	103,5	99,9	96,2	89,0	82,3	75,8	69,9	64,4	59,3	54,7	50,6
	16	20	121,8	141,5	137,9	134,3	130,4	126,5	122,5	118,4	114,3	110,3	102,3	94,7	87,5	80,8	74,4	68,7	63,4	58,6
14	13	16	108,3	126,6	123,7	120,8	117,4	114,1	110,6	107,3	103,7	100,4	94,3	86,8	80,4	74,4	69,0	63,8	59,1	54,7
	15	18	124,0	146,6	142,5	139,0	135,5	131,8	128,0	124,0	120,2	116,2	108,4	101,0	93,3	87,0	80,6	74,7	69,3	64,4
	17	20	139,5	164,3	160,9	157,2	153,4	149,3	145,2	140,7	136,6	132,3	123,7	115,3	107,3	99,8	92,6	86,0	79,9	74,2
15	14	18	125,0	147,9	144,8	141,6	138,3	134,7	131,0	127,5	123,7	120,0	112,5	105,1	98,0	91,2	84,9	79,0	73,5	68,4
	16	20	141,8	168,3	165,1	161,6	158,0	154,0	150,2	146,0	142,0	137,8	129,4	121,3	113,3	105,6	98,5	91,8	85,6	79,8
	18	20	158,3	188,0	184,3	180,5	176,4	171,9	167,7	163,0	158,5	153,9	144,5	135,4	126,5	117,9	110,0	102,5	95,6	89,1
16	15	20	142,7	170,7	167,8	164,3	161,0	157,6	153,7	149,9	146,0	142,0	134,1	126,3	118,4	111,1	103,9	97,2	91,0	85,1
	17	20	160,7	192,2	188,9	185,0	181,3	177,4	173,0	168,7	164,4	159,9	151,0	142,1	133,3	125,0	117,0	109,4	102,4	95,8
	19	20	178,5	213,5	209,8	205,5	201,3	197,0	192,2	187,4	182,6	177,5	167,7	157,9	148,0	138,9	130,0	121,5	113,7	106.4

Draagvermogen van kolommen volgens Amerikaansche empirische formules in lbs. per sq. inch der doorsnede:

a. *Zware kolommen in gebouwen:*

$$p = 17\,100 - 57\,\frac{l}{r}.$$

Voor uit  ijzer geconstrueerde kolommen (fig. 5) is volgens proefneming van *C. L. Strobel* de breukbelasting in lbs. per sq. inch der doorsnede:

$$p = 46\,000 - 15\,\frac{l}{r}.$$



Fig. 5.

b. *Lichte kolommen, stijlen of drukvertikalen in vakwerken:*

$$p = 13\,500 - 50\,\frac{l}{r}.$$

In bovenstaande formules is l de lengte van de kolom in inches gerekend tusschen de draagpunten en r de kleinste traagheidsstraal der doorsnede of

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

waarin J het traagheidsmoment en F de doorsnede.

De druk kan bij zware kolommen, waarvan de lengte kleiner is dan 90 maal de traagheidsstraal, worden berekend op 850 à 950 KG per cM^2 en bij lichtere of drukvertikalen, waarvan de lengte kleiner is dan 50 maal deze straal, worden aangenomen op 800 à 850 KG per cM^2.

Belastingen en eigen gewicht van bouwconstructies.

Belastingen van bouwwerken.

Menschengedrang.

Het gemiddeld gewicht van Europeanen van 25—45 jaar is 72 KG. Het maximum gewicht is:

1. bij gevulde ruimten, menschen elkaar even beroerend, 565 KG per M^2 of 8 personen op 1 M^2.
2. gering gedrang, 650 KG per M^2, 9 personen per M^2.
3. sterk gedrang, 706 KG per M^2; 10 personen per M^2.

Waarnemingen in Br. Indië gaven als gemiddeld gewicht van een man 51,86 KG (42,55 tot 63,45) en per M^2 maximum 690 KG.

Met menschenbelasting is vooral rekening te houden bij bruggen met overspanningen grooter dan 30 Meter.

Winddruk.

De druk van den wind op een vlak loodrecht op de windrichting kan per M^2 worden aangenomen op

$$W = 0{,}075\ V^2$$

waarin W in KG/M^2 en V de windsnelheid in M per secunde. De windsnelheden worden grooter op grootere hoogte en in open (kust) streken.

De grootste winddruk op een vlak loodrecht op de windrichting wordt in ons land in bebouwde omgeving op 120 KG per M^2 gesteld, overeenkomende alzoo met een snelheid van 40 M per secunde. De windrichting maakt daarbij een hoek van 10° met den horizon. In onbebouwde streken kunnen hoogere windstooten voorkomen tot een maximum van 270 KG per M^2; zij doen zich evenwel plaatselijk en over geen groot oppervlak gevoelen.

De normale druk, dien de wind uitoefent op een vlak, dat een hoek α met de windrichting maakt, wordt evenredig gesteld aan $\sin^2 \alpha$.

Voor dakvlakken vindt men dan bij de aanname van 120 KG/M^2:

tg hoek dakvlak met horizon	1	$^2/_3$	$^1/_2$	$^2/_5$	$^1/_3$	$^2/_7$	$^1/_4$	$^2/_9$	$^1/_5$	
normale winddruk	81	57	43	34	27	23	20	18	16	KG/M^2.

In het algemeen zal men bij daken, enz. rekening moeten houden met de luchtverdunning aan den lijkant, welke het drukcijfer verhoogt.

Winddruk op vakwerken: Volgens Badensche voorschriften is de grootte van het door den wind gedrukte vlak aan te nemen op:

$$F = F_g\,(1-m^2), \text{ waarin } m = \frac{F_m}{F_g}$$

$$F_m = F_g - F_w$$

F_g = omtrek oppervlak van een liggerwand,

F_w = door den wind gedrukte oppervlakte van een liggerwand,

F_m = oppervlak der mazen van een liggerwand.

Bij spoorbruggen is de verkeerslast als een strook ter hoogte van 2,7 Meter boven de spoorstaaf te nemen. Voor de belaste brug is de winddruk 150 KG/M^2 en voor de onbelaste 250 KG/M^2 te nemen.

De grootte van den *winddruk op bruggen* kan volgens *Winkler* als volgt worden aangenomen:

Plaatijzeren brug:

Het oppervlak F per M^1 lengte van de brug, dat aan den wind is blootgesteld is groot:

$$F = h + 0{,}18\,(n - 1)\,a$$

waarin h = gemidd. hoogte van den ligger
n = aantal liggers
a = onderlinge afstand der liggers.

Vakwerkbrug:

Hier is F = 0,18 + 0,30 h voor één ligger en voor het gezamenlijk oppervlak der beide liggers:

F = 0,32 + 0,48 h, waarvan 60% op den aan de windzijde gelegen ligger en de rest op den anderen ligger.

Sneeuwdruk.

De sneeuwdruk wordt algemeen aangenomen op 70 KG per M², overeenkomend met een sneeuwhoogte van ongeveer 50 cM.

Versch gevallen sneeuw weegt 1 Meter hoog 190 KG per M², vastgestampt tot 800 KG per M².

Belastingen van bruggen.

Stoomwalsen.

Voor stoomwalsen gelden ongeveer de volgende gewichten en afmetingen:

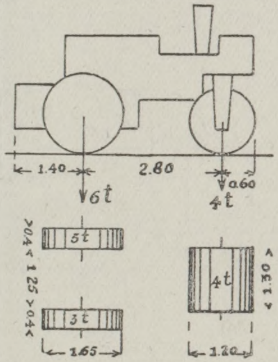


Fig. 1.

afstand der assen 2,75 M
grootste breedte 2,10 M
,, lengte 4,33 M
belasting voorrad 10 ton
,, beide achterraderen te zamen 13 ton

Fig. 1 geeft een schema van een stoomwals in Ned.-Indië gebruikelijk en voor belasting aangewend.

In het algemeen wisselt het totaal gewicht eener wals van 5 tot 26 ton.

Vrachtwagens.

Voor de belasting van bruggen kan volgens *Winkler* worden aangenomen:

voor bruggen in grintwegen een 2-assige wagen van 6 ton (afstand der assen 2,8 M)

voor bruggen in straatwegen een 2-assige wagen van 12 ton (afstand der assen 3,5 M)

voor bruggen in fabrieksteden een 2-assige wagen van 20 ton (afstand der assen 4,5 M)

In ons land komen zwaardere belastingen dan 3 à 4 ton weinig voor.

Op het platteland in de noordelijke provinciën kan men voor den grootsten raddruk aannemen 750 KG; in Noord-Brabant 1000 en in Limburg 1500 KG.

Vrachtwagen te Rotterdam maximum belasting voorste as 1660 KG samen.
,, ,, achterste ,, 2840 ,, 4500 KG.

In Amsterdam is de aangenomen grootste raddruk 1750 KG.

Bij vrachtwagens is te rekenen op een spoorwijdte van 1,50 M en op een afstand van het zwaartepunt der paarden van 2 Meter vóór de voorste as.

Tramwagens.

a. Paardentramwagens.

Zware tramwagen met 2 paarden bespannen: (fig. 2)
maximum gewicht met belasting 8 ton; afstand der assen 1,90 Meter.

b. Stoomtramwagens.

Truckwagens: 4 assen met 3 à 5 ton asbelasting; radstanden 0,90 à 1,10 + 2 à 3 + 0,90 à 1,10 M.

Lengte geheele wagen 7 à 9 Meter. Aantal zit- en staanplaatsen 45 à 60. Gewicht der ledige wagens 6,5 à 8 ton.

Goederenwagens: laadvermogen 5 tot 8 ton; radstanden 1,8 tot 2,— Meter. Gewicht der ledige wagens 3,5 à 4 ton.

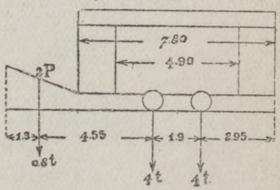


Fig. 2.

c. Electrische tramwagens.

Motorwagen (twee-assige) der Haagsche Tramwegmaatschappij (zie „Ingenieur" 1907) voor een maximum van 35 passagiers, behalve bestuurder en conducteur.
Type 1907: lengte tusschen de koppelingen 8,90 M.
spoorwijdte 1,453 M.
radstand 1,80 „
maximum hoogte boven spoorstaaf 3,30 M.
Aanhangwagen van 12 M, lengte met éénassige trucks:
Aantal passagiers 60, radstand 5,38 M, lengte tusschen de koppelingen 13,— M.

Tram-locomotieven.

Lengte tusschen de koppelingen 4 à 4,50 M, twee assen op afstand van 1,40 à 1,50 M en elk 5 à 6 ton belasting.

	Spoorwijdte M	Lengte tusschen de koppelingen M	Radstand M	Gewicht per as. ton
Dedemsvaartsche Tr.w.Mij.	1,067	4,160	1,500	4,3
Nijmeegsche „	1,067	4,200	1,600	8,0
Nederlandsche „	1,435	3,555	1,400	5,5 en 5,0
Westlandsche „	1,435	4,200	1,500	6,5

Trein-locomotieven.

Sneltreinmachine (Borsig) Holl. IJzeren Spoorweg-Mij.: (fig. 3)

totale lengte van locomotief en tender van buffer tot buffer 15,126 M.

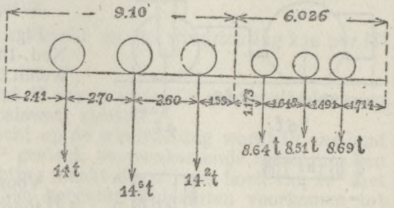


Fig. 3.

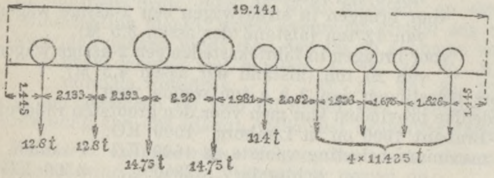


Fig. 4.

Sneltreinmachine (Beyer Peacock en Cie) Mij. tot Expl. van Staatssp.: (1900) (fig. 4)

Nieuwe locomotief van de S.S. (1911) (fig. 5). Grootste hoogte boven spoorstaaf 4,52 M.

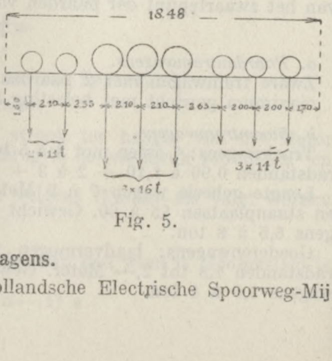


Fig. 5.

Electrische spoorwagens.

Motorrijtuig 2e en 3e klasse van de Zuid-Hollandsche Electrische Spoorweg-Mij
Gewicht van den wagen 51 ton.

Totale lengte tusschen de buffers 18,57 M.
Truckafstand der beide trucks 12,15 ,,
Radstand van de trucks 2,50 ,,
Grootste hoogte boven de spoorstaaf 4,80
Aantal zitplaatsen 73, staanplaatsen 20, totaal 93.

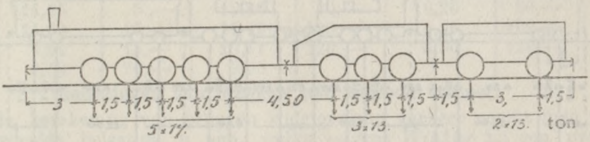
Het gewicht der nieuwste electrische locomotieven op de Amerikaansche spoorwegen bedraagt 62 tot 72 ton.

Belastingschema voor spoorwegbruggen.

Met de bedoeling de berekening te vergemakkelijken worden wel *typetreinen* aangenomen, waarbij de asbelastingen gelijk aan de radstanden in ronde getallen (zooveel mogelijk veelvouden onderling) worden aangenomen.

Voor de Pruisische spoorwegen heeft men b.v. onderstaande type-treinen, fig. 6.

Pruisen 1903, 2 machines.



Pruisen 1903, voor kleine overspanningen.

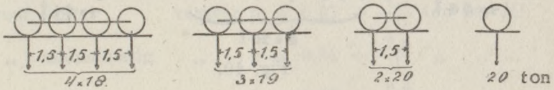


Fig. 6.

Belastingsvoorschrift des ,,Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen": Twee locomotieven met een willekeurige hoeveelheid daarachter geplaatste wagens van de volgende belastingen: (fig. 7).

Locomotief met tender. Aanhangwagen.

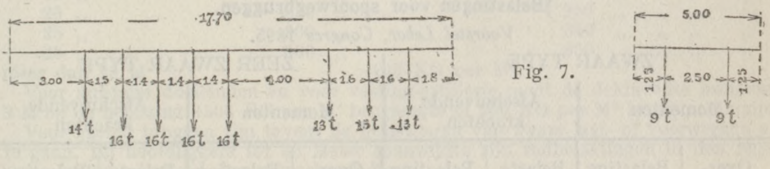


Fig. 7.

Belastingstrein voor de bruggen in de Russische hoofdspoorwegen, voorgeschreven sedert Februari 1907 (fig. 8).

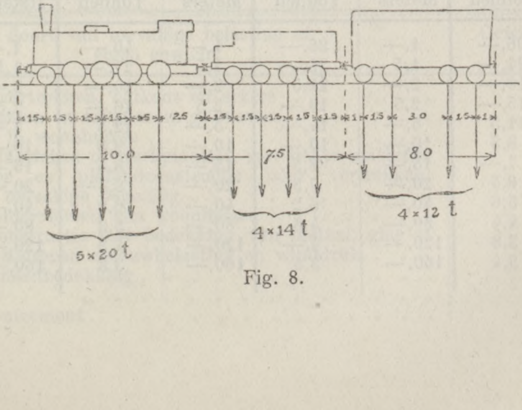


Fig. 8.

Goederenmachine Gotthardbaan (fig. 9) (aangenomen voor de berekening van de brug bij Westervoort en de bruggen in de lijn Herzogenrath—Sittard).

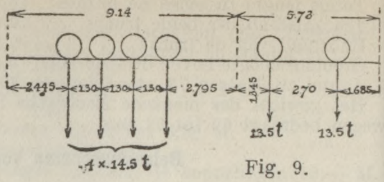


Fig. 9.

Belastingsschema voor den metalen bovenbouw der bruggen in de lijn Magelang—Willem I met zijtak Setjang—Parakan der Ned.-Indische Spoorweg-maatschappij. Spoorwijdte 1,067 Meter (fig. 10).

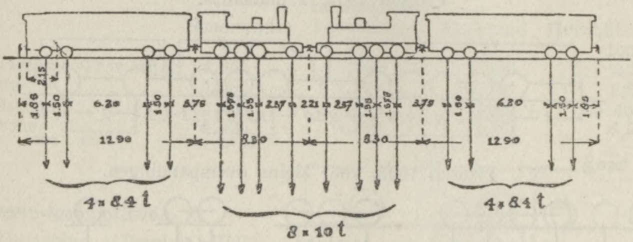


Fig. 10.

Aequivalente belastingen.

In plaats van laststelsels, kan men ook voor de berekening der afmetingen van een brug, een gelijkmatig verdeelde belasting aannemen, welke dezelfde maximum momenten en dezelfde maximum afschuivende krachten (dit laatste zal door een *andere* gelijkmatige belasting geschieden) oproept als de laststelsels. Een staatje van dergelijke aequivalente belastingen volgt hierna.

Belastingen voor spoorwegbruggen.

Voorstel Leber, Congres 1895.

ZWAAR TYPE				ZEER ZWAAR TYPE			
Momenten		Afschuivende krachten		Momenten		Afschuivende krachten	
Overspanning in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Belaste lengte in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Overspanning in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Belaste lengte in Meters	Belasting per Meter in Tonnen
1,—	36,—	1,—	36,—	1,—	40,—	1,—	40,—
1,5	24,—	1,5	26,—	1,5	27,—	1,5	80,—
2,—	18,—	2,—	21,5	2,—	20,—	2,—	23,—
2,5	15,—	2,5	19,—	2,5	16,—	2,5	19,5
5,—	11,5	5,—	14,—	5,—	12,5	5,—	15,—
10,—	8,5	10,—	10,—	10,—	9,5	10,—	11,—
15,—	7,—	15,—	8,5	15,—	8,5	15,—	9,6
20,—	6,5	20,—	7,5	20,—	8,—	20,—	8,7
40,—	5,6	40,—	6,2	40,—	6,8	40,—	7,3
80,—	4,4	80,—	4,8	80,—	5,3	80,—	5,8
120,—	3,8	120,—	4,—	120,—	4,3	120,—	4,8
160,—	3,4	160,—	3,5	160,—	3,8	160,—	4,3

Pruisische Voorschriften 1903.

Momenten		Afschuivende krachten		Momenten		Afschuivende krachten	
Overspanning in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Belaste lengte in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Overspanning in Meters	Belasting per Meter in Tonnen	Belaste lengte in Meters	Belasting per Meter in Tonnen
1,—	40,—	1,—	40,—	30,—	7.90	30,—	8,40
1,5	26,67	1.5	26,67	40,—	7,51	40,—	7,93
2,—	20,84	2,—	25,—	50,—	7,14	50,—	7,48
2,5	16,80	2,5	22,40	60,—	6,77	60,—	7,10
5,—	14,25	5.,—	15,96	80,—	6,20	80,—	6,55
10,—	11,39	10,—	11,90	100,—	5,78	100,—	6,17
15,—	9,04	15,—	10,11	120,—	5,50	120,—	5,90
20,—	8,52	20,—	9,05				

Belastingen van bruggen voor gewoon verkeer.

Voor de berekening van bruggen voor gewoon verkeer neemt men een gelijkmatig verdeelde belasting p aan, welke volgens *Winkler* bij een overspanning van de brug, kan worden aangenomen:

voor licht verkeer $p = 0,37 + \frac{1,7}{l}$ ton per M².

,, middelmatig ,, $p = 0,34 + \frac{2,6}{l}$,, ,, ,,

,, zwaar ,, $p = 0,28 + \frac{8.4}{l}$,, ,, ,,

Fransche voorschriften geven de volgende belastingen bij voertuigen van 6 en 8 ton zwaarte:

Overspanning	bij 6 ton	bij 8 ton
5 M	2300 KG	3100 KG per M′ lengte.
10 ,,	1300 ,,	1760 ,, ,, ,, ,,
15 ,,	920 ,,	1200 ,, ,, ,, ,,
20 ,,	830 ,,	950 ,, ,, ,, ,,
25 ,,	800 ,,	840 ,, ,, ,, ,,
28 ,,	800 ,,	800 ,, ,, ,, ,,
meer dan 28 M	400 KG per M².	

Voor militaire doeleinden en voor vesting-artillerie moet de dekbreedte minstens 3 M en de belasting 1500 KG per M′ bruglengte of 500 KG per M² brugbreedte zijn.

Voor ijzeren bruggen zijn tevens de belastingen van zware last- of voerwerken na te gaan. Bij hoofdliggers tot 30 Meter spanwijdte zijn radbelastingen in den regel van grooteren invloed dan menschengedrang.

Belastingen van vloeren en daken.

Toevallige belastingen volgens de Amsterdamsche bouwverordening.

Soort van toevallige belasting of eigen gewicht	Gewicht in KG per M²
Vloeren van vertrekken, balkons en erkers	200
Vloeren van zalen en trappen in gebouwen	400
Zoldervloeren in woonhuizen	150
Vloeren van fabrieken of werkplaatsen met lichte machines	400
Houten vloer en plafondconstructie voor vertrekken, inbegrepen toevallige belasting	280
Idem voor zoldervloeren van woonhuizen	230
Houten dakconstructie met bedekking van metaal, glas of mastiek, inbegrepen sneeuwbelasting en winddruk . . .	190
Idem met pannenbedekking	275
,, ,, lei ,, ...	225
,, ,, houtcement	250

Voor toevallige vloerbelastingen in *woonhuizen* en *gebouwen* kan men verder aannemen:

Zolderruimten	150 KG per M²
Woonruimten	250 ,, ,, ,,
Schoolvertrekken	300 ,, ,, ,,
Trappen, gangen	400 ,, ,, ,,
Concert-, turn- en feestzalen	400 ,, ,, ,,
Werkplaatsen, bergplaatsen	450 ,, ,, ,,
Trappen, portalen van openbare gebouwen, begane grond	550 ,, ,, ,,

Voor de belasting van *goederen* in *pakhuizen en magazijnen* heeft men de volgende gewichten: (zie ook bldz. 599).

Koren 1 M hoog gestapeld	730 KG per M².
Peulvruchten 1 ,, ,, ,,	800 ,, ,, ,,
Meel 1 ,, ,, ,,	500 ,, ,, ,,
Meel in zakken van 80 KG 1 laag	850 ,, ,, ,,
,, ,, vaten ,, 280 ,, 1 ,,	420 ,, ,, ,,
Keukenzout, 5 tot 6 stok hoog	1850 ,, ,, ,,
Vleeschconserven, 1 M hoog gestapeld	480 ,, ,, ,,
Los hooi, 1 M hoog gestapeld	70 ,, ,, ,,
Geperst ,, 1 ,, ,, ,,	280 ,, ,, ,,
Los stroo, 1 ,, ,, ,,	70 ,, ,, ,,
Papier, 1 ,, ,, ,,	1100 ,, ,, ,,
Boeken, 1 ,, ,, ,,	800 ,, ,, ,,
Kleederen (in 4 vakken ieder van 70 cM hoogte)	600 ,, ,, ,,
Hout in stapels 1 M hoog	400 ,, ,, ,,
Cokes 1 M hoog gestapeld	350 ,, ,, ,,
Steenkolen 1 ,, ,, ,,	900 ,, ,, ,,

In *Ned.-Indië* gelden de volgende belastingen:

Cambrics 2 balen hoog	1 683 KG per M².
Elefantes 4 ,, ,,	3 193 ,, ,, ,,
Madapolams 4 kisten	2 598 ,, ,, ,,
Goeniezakken 2 balen	888 ,, ,, ,,
Wijn, 10 kisten	2 694 ,, ,, ,,
Bier, 10 ,,	2 235 ,, ,, ,,
Jenever 10 ,,	2 093 ,, ,, ,,
Cement, 5 vaten	2 817 ,, ,, ,,
Suiker, 16 balen	3 049 ,, ,, ,,
Rijst, 16 ,,	3 108 ,, ,, ,,
Katjang, 16 ,,	3 922 ,, ,, ,,
Meel, 20 zakjes	2 640 ,, ,, ,,
Koffie in Gouvernementspakhuizen	2 000 ,, ,, ,,

Belasting van kaden.

Bij kademuren rekent men op belastingen van 4000 KG per M² op de kaden.

Eigen gewicht van bouwwerken.

a. Bestrating, enz.

Keibestrating hoog 16 cM op zand dik 10 cM	460 KG per M².
,, 14 ,, ,, ,, ,, 10 ,,	440 ,, ,, ,,
Klinkerbestrating (steen op zijn kant op zand dik 10 cM)	350 ,, ,, ,,
(gemetseld)	370 ,, ,, ,,
Houtbestrating van blokken 10 cM hoog op beton dik 15 cM	400 ,, ,, ,,
Aaphalt-bestrating van gietasphalt dik 2 cM op beton dik 15 cM	350 ,, ,, ,,
,, asphalttegels ,, 5 ,, ,, ,, ,, 15 ,,	380 ,, ,, ,,
Grintverharding van puin en grint gemiddeld 25 cM hoog	400 ,, ,, ,,

b. Balklagen en vloeren.

Grenen of vuren balklaag met grenen of vuren vloerplanken in woonhuizen	30— 50 KG/M².
Idem met plafond	60—100 ,,
,, van eikenhout zonder plafond	40— 60 ,,

Zware grenen of vuren balklagen met vloeren in magazijnen en pakhuizen	45— 80 KG/M².
Idem van eikenhout	60—100 ,,
IJzeren balken met gemetselde gewelfjes (spanwijdte 0,80-1,20 M) van gebakken steen dik ½ steen en afgepleisterd	330—350 ,,
Idem met vloer	350—380 ,,
,, ,, gewelfjes dik 1 steen (spanwijdte 1,5 à 2,5 M) . .	450—500 ,,
,, ,, vloer	480—600 ,,
IJzeren balken met plaatijzeren vloer	35— 60 ,,
Idem met gegoten ijzeren platen	120—180 ,,
,, ,, ondervloer van gegolfd plaatijzer bedekt met laag cementbeton	200—250 ,,
,, ,, houten vloer 20 à 30 KG meer.	

Gewapend betonvloeren:

Moniergewelven tusschen ijzeren balken (afstand 1,5—5 M . .	± 400 KG/M².
Hennebiquevloeren met zichtbare bewapend betonbalken afstand 1,2—5 M)	± 370 ,,
Idem met vlakken onderkant (plafond)	± 470 ,,
Siegwartbalkvloeren	± 420 ,,
Visintinivloeren	± 350 ,,
Asphaltvloer van gietasphalt dik 2 cM	30 KG/M².
Terrazzovloer	40 ,,
Parketvloer, 24 mM dik in asphalt	40 ,,
Idem, op loozen bodem	30 ,,
Xylolith- of houtgranietvloer	30 ,,
Linoleum 3—5 mM dik	3,5—6 ,,
Kurksteenplaten 15—25 mM	6—8 ,,

c. Kapconstructies en dakbedekkingen.

Aard der dakbedekking	Gewicht der dakbedekking zonder kapgebint in KG/M²	Gewicht der geheele kapconstructie in KG/M²	
		houten kappen	ijzeren kappen
	zonder de gordingen:		
Asphaltpapier op planken . . .	20— 25	35— 40	
Houtcementdak	120—135	160—170	
Beschoten pannen (met beschot) .	70— 75	100—110	
Aangestreken pannen (met de spanribben)	65— 70	90—100	
Leien (met beschot	45— 50	80— 90	
Zink of plaatijzer (met beschot) .	25— 30	50— 60	
	met de gordingen:		
Glas of leien op hoekijzer . . .	40—50		50—65
Vlak plaatijzer ,, ,, . . .	25—30		35—45
Gegolfd ,, ,, ,, . . .	20—25		30—40
,, zink ,, ,, . . .	25—30		35—45

Gewicht van ijzeren kappen.

Het gewicht van geconstrueerd ijzeren kappen is per M² horizontale projectie van het ondersteunde dakvlak bij:

12 M overspanning ongeveer 8.5 tot 15 KG.
18 ,, ,, ,, 13.5 ,, 20 ,,
24 ,, ,, ,, 18.5 ,, 25 ,,
naar gelang van de zwaarte der te bezigen bedekking.

d. Bruggen.

Spoorwegbruggen:

Benaderd *gewicht* per M' en per spoor;

$G = a + bl$, waarin l = lengte in Meters a en b constanten.

Voor *plaatijzeren* bruggen (geen ballastbed):

	a	b
lichte constructies	500	25
zware ,,	800	45

voor *paraboolliggers* (met ballastbed): $a = 253d$ en $b = 42$.

Volgens *F. Dirksen* (Zentralblatt der Bauverwaltung 1904);

Plaatijzeren wandliggers, waarop direct de dwarsliggers zonder trottoirs en met 12 mM lijfplaatdikte:

$$G = 240 + 54\,L \text{ (in M en KG).}$$

Plaatijzeren bruggen met verdiepte spoorbaan:

bij 3 M breedte $G = 650 + 44\,L$
,, 3,3 ,, ,, $G = 700 + 44$,,
,, 3,7 ,, ,, $G = 790 + 44$,,

Vakwerkbruggen met verdiepte spoorbaan:

bij overspanning van 20—40 M.

brugbreedte	4,8	4,9	5 Meter.
G	1140 + 27 L	1165 + 27 L	1210 + 27 L

bij overspanning van 40 tot 60 Meter brug van boven gesloten:

breedte	4,8	4,9	5 Meter
G	1280 + 27 L	1305 + 27 L	1350 + 27 L

Vakwerkbruggen met spoorbaan op de liggers:

breedte 2,5 M $G = 1030 + 27\,L$
,, 3,5 ,, $G = 1120 + 27\,L$

Volgens *Launhardt* algemeene formule $G = \dfrac{180 + ml}{225 - l}$

waarin m = belasting in tonnen.

Volgens *Résal:* in KG per Meter bruglengte (l).

Enkel spoor: licht verkeer $g = 800 + \dfrac{24\,l}{1-0{,}002\,2\,l}$

middelmatig verkeer $g = 1000 + \dfrac{25\,l}{1-0{,}002\,4\,l}$

zwaar verkeer $g = 1200 + \dfrac{36\,l}{1-0{,}002\,6\,l}$

Dubbel spoor: licht verkeer $g = 1400 + \dfrac{40\,l}{1-0{,}002\,0\,l}$

middelmatig verkeer $g = 1800 + \dfrac{50\,l}{1-0{,}002\,2\,l}$

zwaar verkeer $g = 2200 + \dfrac{60\,l}{1-0{,}002\,4\,l}$

Bruggen voor gewoon verkeer:

Benaderd gewicht volgens *Launhardt* $G = \dfrac{250\,a + ml}{250 - l}$

waarin a = gewicht rijvloer met langs- en dwarsdragers per M^2
m = mobiele belasting per M^2 in tonnen.

Waarde van a voor verschillende constructies:

	Constructie van het rijvlak	Rijvloer per M² KG	Langs-en dwarsdragers voor lichte wagens KG	Langs-en dwarsdragers voor zware wagens KG	Langs-en dwarsdragers voor zeer zware wagens KG
1	Dubbele beplanking, elk dik 7 cM	140	45	55	80
2	Enkele eiken beplanking, dik 7 cM, waarop houten blokjes dik 15 cM	230	45	55	80
3	Enkele eiken beplanting, dik 7 cM, waarop grindverharding, dik 20 cM	470	55	65	90
4	Gegolfd plaatijzer, dik 6 mM, waarop grindverharding, dik 20 cM	460	55	65	90
5	Gegolfd plaatijzer, dik 6 mM, waarop keibestrating van 18 cM in zand	560	60	75	95
6	Gesmeed ijzeren buckelplaten, waarop grindverharding, dik 20 cM	460	55	65	90
7	Gesmeed ijzeren buckelplaten, waarop keibestrating van 18 cM in zand	560	60	75	95
8	Klinkergewelfjes van 25 cM tusschen ijzeren liggers, waarop 20 cM grind	1100	70	90	110
9	Klinkergewelfjes van 25 cM, tusschen ijzeren liggers, waarop keibestrating als boven . .	1300	70	90	110
	Voor trottoirs.				
10	Eikenliggers, waarop eiken beplankin dik 8 cM	170		30	
11	Steenen platen op ijzeren liggers	250		40	

Arbeidsloonen en huurprijzen van materialen.

Litteratuur.

K. G. Simon.	Kostprijsberekening
van Everdingen.	De Fabrieksboekhouding
Th. v. d. Waarden.	Het Taylorstelsel
Leitner.	Die Selbstkostenberechnung industrieller Betriebe
Bernhard-Schlosz.	Handbuch der Löhnungsmethoden
Schiller.	Das Prämiensystem der Lohnberechnung
Ch. B. Going.	Principles of Industrial Engineering

Arbeidsloonen.

De voornaamste loonsystemen zijn:

a. Tijdloon (uur- en dagloon). Dit systeem, de oudste vorm van beloonen, is veelal in de moderne industrie vervangen door het

b. Accoord- of stukloon, welk stelsel berust op het nauwkeurig bepalen van den tijd, die noodig is voor het vervaardigen van een bepaald stuk werk. Dikwerf wordt het niet individueel, doch groepsgewijze, collectief, vastgesteld. Men spreekt dan van accoordloon.

c. Premieloonsysteem. Hier wordt, evenals bij het voorgaande, een maximumtijd voor ieder stuk werk vastgesteld. Vervaardigt de werkman het stuk echter in korteren tijd, dan den aangenomenen, dan wordt hem, behalve zijn uurloon nog een premie voor den bespaarden tijd gegeven.

In dit premiestelsel treft men verscheidene variatie's aan, waarvan genoemd mogen worden de systemen van *Halsey, Rowan, Strohmeyer* e. a.

Het zoogenaamde *differentieel tarief van Taylor*, evenals dat van *Emerson* en van *Gantt*, heeft als basis de stelselmatige analyse van den arbeid met zuivere vaststelling van de te volgen werkwijzen.

d. Deelname in de winst. De arbeider wordt bij dit systeem medegeïnteresseerde, want hem wordt een aandeel in de winst toegekend. Bij het in Engeland voorkomende *copartnership* wordt het winstaandeel in aandeelen omgezet, zoodat de arbeiders langzamerhand mede-eigenaars worden van de zaak.

e. Teneinde het zuinig en oordeelkundig gebruik van grond- en hulpstoffen in de hand te werken, worden sommige bedrijven *zuinigheidspremiën* aan de arbeiders uitgekeerd als toeslag op het loon (b.v. oliepremie bij machinisten).

Tot grondslag van ramingen zijn in onderstaande tabel opgenomen de gemiddelde minimum-loonen in cents per uur van werklieden van 23 jaar en ouder, welke loonen voorkwamen (einde 1919) in de bestekken van werken ten behoeve van het Rijk bij aanbesteding uit te voeren. Deze loonen zijn nog afhankelijk gesteld van den levensstandaard in de verschillende plaatsen, waar de werken uitgevoerd werden.

Aard-, grondwerker	35—58	Heibaas	40—50
Ambachtsman	45—67	Heier	35—45
Arbeider (gewoon)	35—67	Kapitein	50—55
Baggerman	37	id. op een baggermolen	60
id. met vaartuig	47	id. op een sleepboot	55
Bankwerker	40—70	id. op een stoombootje	56
Behanger	35—50	Koperslager	50
Betonbereider, -werker	66	Krammer	36—45
Cementwerker	70	Leidekker	50
Dekknecht	36—50	Letterzetter	75
Electricien	60	Loodgieter	40—70
Fitter (gas-)	50	Machinedrijver	51
Glazenmaker	55	Machinist	35—45
Glazenwasscher	40—45	id. op een stoomwals	40—50
Handlanger	52	Meter	35—45

Metselaar	40—72	Stoker	30—50
Molenbaas	50—60	Straatmaker	40—72
Monteur (Chef)	45	Stucadoor	45—70
id. (Hulp)	18	Stuurman	56
Onderbaas	55—60	Taludbaas	70
Opperman	37—67	Taludwerker	38
Peiler	35—45	Timmerman	40—72
Planter	35—50	Verver	40—70
Pompenmaker	55	Vlechter	66
Rietpoter	40	Voeger	50—53
Rijswerker	40—48	Voerman	30—40
Roeier	40—45	id. met kar en paard .	150—200
Schipper	36—50	Werkster	15
Sjouwer	35—58	Witter	50
Smid	45—56	Zandlosser	35
Snoeier	35—50	Zinkbaas	52
Steenhouwer	40—70	Zinkwerker	40—70
Steenzetter	40—55	Zodenzetter	53

Voor de werklieden, doorloopend in dienst van den aannemer, waren de minimum-weekloonen: gezagvoerder, zinkbaas, molenbaas of machinist f 27,50, dekknecht, stoker, bakschipper of roeier f 22,50, gewoon rijswerker f 26,—, keetknecht of kok f 15,—, arbeider f 21,—.

In onderstaande tabel zijn opgenomen de minimum-loonen in cents per uur voor werklieden, die den leeftijd van 21 jaar bereikt hebben en welke loonen voorkomen in de bestekken en voorwaarden voor de uitvoering van gemeentewerken voor eenige groote gemeenten van ons land (einde 1919, begin 1920).

BEROEP	Amsterdam	Arnhem	's-Gravenhage	Groningen	Maastricht	Utrecht
Aardwerker, grondwerker .	67	63	69	50	47	65
Behanger	65	68	42—48	48	53	49
Betonwerker.	70	—	70	50	—	—
Cementmastiekwerker . .	70	—	72	55	—	—
Glazenwascher	54	—	—	45	—	—
Handlanger	67	63	—	50	47	—
Leidekker.	—	—	—	55	59	—
Loodgieter, Zinkwerker, Gas- en Waterleidingfitter . .	70	68	72	55	57	67
Metselaar	70	68	72	54	57	69
Opperman	67	63	69	50	47	65
Sjouwer	54	63	—	50	45	65
Smid	65	68	67	55	57	51
Steenhouwer.	72	70	—	55	60	72
Straatmaker	65	68	72	60	64	—
Straatstamper	—	—	69	55½	49	—
Stucadoor	70	68	72	54	57	73
Timmerman	72	68	72	52	57	69
Verver.	70	68	70	52	53	59
Vlechter	—	—	—	50	—	—
Werkvrouw	47	—	—	f 2,— p/dag	f 2,72 p/dag	—
Witter	65	—	—	50	48	69

In de bestekken en voorwaarden voor de uitvoering van werken voor de gemeente *Rotterdam* is de bepaling opgenomen dat „aan werklieden op het werkterrein werkzaam geen lager loonen mogen worden uitbetaald dan naar het oordeel der Directie in deze gemeente algemeen geldende zijn.”

Collectieve arbeidsovereenkomsten worden in den laatsten tijd veel gesloten tusschen werkgeversorganisatie's eenerzijds en werknemersorganisatie's anderzijds. Zoo o.a. in het typografenbedrijf (zie: J. A. Veraart, Vraagstukken der economische bedrijfsorganisatie), verder voor het metaalbewerkersbedrijf, voor het kleermakers-, lederbewerkersbedrijf, enz.

Hierin is dan het uurloon vastgesteld en worden ook voor overwerk de percentages als toeslag op het loon geregeld.

In *Nederlandsch-Indië* gelden de volgende loonen:

Sjouwerarbeider (koeli)	per dag	f 0,35—f 0,50.
Mandoer	„ „	f 0,60—f 1,—.
Inlandsch teekenaar	„ „	f 0,60—f 1,—.
„ opzichter of opnemer	„ „	f 1,50—f 2,—.
„ timmerman	„ „	f 0,80—f 1,—.
Chineesch „	„ „	f 2,—.

Arbeidsduur en overwerk.

In het algemeen werd in normale omstandigheden door dezelfde werklieden niet langer gewerkt dan 11 uren per etmaal en 64 uren per week, de schafttijden niet als werktijden medegerekend.

Door verschillende fabrieken en instellingen werd in den loop der jaren de 8-urige werkdag ingevoerd, maar dit was nog niet algemeen. De in 1919 in beide Kamers reeds aangenomen (doch op 1 Juni jl. nog niet officieel ingevoerde) Arbeidswet stelt echter nu uitdrukkelijk in Art. 24 vast, dat de arbeidsdag 8 uren en de arbeidsweek 45 uren is voor fabrieken of werkplaatsen, waarbij de arbeidstijd nog niet mag vallen tusschen 6 uur des namiddags en 7 uur des voormiddags. Bovendien wordt in Art. 15 nog voorgeschreven, dat op Zaterdag nà 1 uur des namiddags door de arbeiders bepaalde soorten van arbeid niet verricht mogen worden.

In Art. 25, 26 en 27 worden echter eenige uitzonderingen en ook een overgangstijd van resp. 2 en 4 jaren mogelijk gemaakt.

Waar in ons land dus t. z. t. de 45-urige werkweek ingevoerd zal worden, werd op de Internationale Arbeidsconferentie te Washington (October-November 1919) het beginsel gehuldigd: 8-urige werkda en 48-urige werkweek.

In bijzondere gevallen kan volgens Art. 19 der Arbeidswet overwerk toegestaan worden, met dien verstande echter, dat mannen niet langer mogen werken dan 72 uren per week en vrouwen en jeugdi e personen niet langer dan 66 uren per week.

Onwerkbare dagen.

Het aantal onwerkbare dagen door vorst kan per jaar gesteld worden:

in de maand November	3	totaal 32 dagen.
„ „ „ December	8	
„ „ „ Januari	11	
„ „ „ Februari	8	
„ „ „ Maart	2	

Het aantal dagen, waarin tengevolge van slechte weersgesteldheid (vorst en regen) gedurende minstens 4 werkuren niet kan worden gewerkt, kan worden gesteld:

in de maand Januari	op 20	in de maand Juli	op 2
„ „ „ Februari	„ 10	„ „ „ Augustus	„ 2
„ „ „ Maart	„ 7	„ „ „ September	„ 2
„ „ „ April	„ 5	„ „ „ October	„ 5
„ „ „ Mei	„ 3	„ „ „ November	„ 8
„ „ „ Juni	„ 2	„ „ „ December	„ 15

d. i. totaal 81 dagen.

Huurprijzen van aannemersmaterialen.

De huurprijzen van werktuigen en materialen zijn niet met juistheid op te geven, daar zij behalve van het inzicht van den verhuurder, voornamelijk afhangen van den tijd, waarin het materiaal naar gelang van het gebruik gerekend kan worden te zijn versleten. Uit opgaven omtrent dezen gebruiksduur en van eenheidsprijzen, ontleend aan uitgevoerde werken, kan wellicht een maatstaf gevonden worden.

Materiaal	Duur in jaren	Waarde v.d. oorlog in Gld.	Huurprijzen zooals in ons land v. d. oorlog bekend.
Locomobiel met 15 cM centrif. pomp en pijpleiding	15—20	3 000	3 à 4 gld. per dag
Stoomheilieren	15—20	4 000	4 à 5 ,, ,, ,,
Heistellingen	5	1 000	1 à 2 ,, ,, ,,
Lieren ± 1 000 KG lichtvermogen	10	150	0,50 à 1 ,, per week
Takels ± 3 000 KG lichtvermogen	2—3	100	1 à 2 ,, ,, ,,
Dommekrachten, vijzels	1—2	50	1 ,, ,, ,,
Locomotief veldspoor	10—15	5 000	8 à 10 ,, per dag
Baggermachines en excavatoren .	5—10	10 000	20 ,, ,, ,,
Kipkarren ijzeren)	3—4	300	0,25 à 0,50,, ,, ,,
Kruiwagens (houten)	¼—½	3 à 4	0,50,, per week
Handwagens ,, ...	½—1	60 à 80	1 ,, ,, ,,
Mortelmolen	1 à 2	80—150	2 ,, ,, ,,
Betonmengmachines	2 à 3	200—500	2 à 3 ,, ,, ,,
Handpompen	1 à 2	100	1 à 2 ,, ,, ,,
Centrifugaalpompen, gemidd. 15 cM	2 à 3	300—500	3 à 4 ,, ,, ,,

Draagbaar spoor 50—70 cM spoorwijdte compleet, huur per maand . . f 3,50
Veldspoor met rails van ± 9 KG/M en zware dwarsliggers . . . . . - 5,50
Wissels f 2,— à f 4,50 per maand,
Kipwagens voor draagbaar spoor per stuk . . . . - 2,50
Remkipwagens . . . . - 5,50
Draaischijven . . . . - 2,50
Stalen kipwagens voor locomotiefbedrijf naar gelang van den inhoud f 6,— à f 12,—
Motorlocomotieven van 10 tot 50 Pk. . . . . - 140 à - 275
Stoomlocomotieven ,, 10 ,, 300 ,, ... - 120 à - 450

Excavateurs voor grond, systeem fabr. Lübeck
huur per 3 mnd . . . . f 3 000
,, ,, 6 ,, ... - 3 500
,, ,, 9 ,, ... - 4 000
,, ,, 12 ,, ... - 4 500
Lepelbaggers per 3 mnd. huur . . . . - 3 500
,, 6 ,, ,, ... - 4 000
,, 6 ,, ,, ... - 4 500
,, 12 ,, ,, ... - 5 000

Bij het onderhoud van Rijksrivierwerken (Maas, Rijn en Lek) vindt men de volgende bedrijfs- en huurkosten (eenheidsprijzen) van materiaal opgegeven:

1 zolderschuit of vletaak met toebehooren en 2 schippers per dag f 6,20—f 6,50
1 roeiboot met toebehooren per dag . . . . f 0,50
idem met roeier per dag van 11 uren . . . . - 2,50
1 volledig zeiltuig met fok voor roeibooten . . . . - 28,—
1 sleepboot van minstens 85 PK met bemanning, brandstof, sleeptrossen enz. tot het behulpzaam zijn bij het opruimen van wrakken, per uur stoomens voor de eerste 4 uren . . . . f 22,—
voor elk uur meer . . . . f 16,50
1 sleepbootje van minstens 45 PK met bemanning, brandstof, enz. per uur stoomen . . . . - 5,—
1 idem van minstens 25 PK als boven . . . . - 4,—
1 stoombootje per dag . . . . f 50—f 60
1 werkvaartuig, geschikt om 40 ton te lichten met stoomlier, machinist en volledig bedieningspersoneel, staaltrossen, enz. per etmaal . . . . f 150,—
5 tons stoompomp met zuigslangen, enz. en bediening . . . . - 50,—
voor elke 5 tons stoompomp meer, als boven . . . . - 30,—
1 lichterschip met bemanning en zeil- en ankerinventaris voor niet meer dan 5 etmalen, per etmaal . . . . - 20,—
voor elk etmaal meer boven het aantal van 5 . . . . - 15,—
1 vaartuig voor het sleepen van de eg, zonder bemanning per dag . - 4,—
1 duiker met vaartuig en duikertoestel voor een werkdag van 10 uren f 40—f 45
1 KG dynamiet met noodige ontstekingsmiddelen en het personeel ter ontsteking . . . . f 4,50
1 lantaarn verzorgen en brandend houden per uur . . . . - 0,01

Alfabetische lijst van gereedschappen, aannemersmateriaal, chemicaliën, poetsmiddelen, enz. met hun prijzen.

Gemiddelde prijzen in de hoofdsteden van ons land, zooveel mogelijk met vermelding der afmetingen, gewichten, enz. Waar met * gemerkt, hebben de prijzen nog betrekking op vóór den oorlog en bedragen de huidige ruim het dubbele.

Aambeelden met 1 of 2 hoorns per KG f 0,40 tot f 0,60. *

Afsluiters.

Normale bouwlengte B der Duitsche water- en gasafsluiters (zoowel met mofals flensverbinding (Bopp E. Reuther Mannheim-Waldhof) op 20 atmosf. druk beproefd:

$$B = D + 200 \text{ mM}$$

De hoogte is ongeveer H = 200 + 2 D mM.

Bij de afsluiters van korte bouwlengte op 2 atmosf. druk beproefd, is: voor D = 40 tot en met 125 mM B = 200 mM. en daarboven voor elke 25 mM opspringend met 10 mM.

Eng. metalen Peetsafsl.: wijd	½	¾	1	1½	2	2½	3	3½	4	Eng. dm.
Prijs per stuk ongeveer:	2,5	3,5	4,5	9,5	13	25	30	35	55	Gld.*

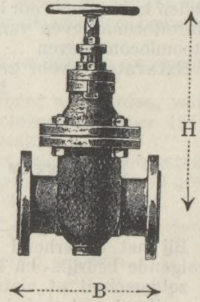


Fig. 1.

IJzeren schuifafsluiters:

voor stoom (normaal model (fig. 1).

doorlaat . . .	50	70	100	125	150	mM.
geheele lengte .	250	270	300	325	350	,,
prijs per stuk .	18	23	32	39	48	Gld.*

doorlaat . . .	200	250	300	400	500	mM.
geheele lengte .	400	450	500	600	700	
prijs per stuk .	68	99	131	212	308	Gld.*

Voor water (normaal model):

doorlaat . . .	50	70	100	125	150	200	250	300	400	500	mM.
geheele lengte (met flenzen)	250	270	300	325	350	400	450	500	600	700	,,
prijs per stuk	13	17	24,5	31	41	61	92	20	195	290	Gld.*

Aluin per KG f 0,10.

Amarilpoeder per KG f 0,30*; linnen per dozijn vel f 0,45*. Wanneer een goede kwaliteit verlangd wordt, moet het amaril roode Naxos-amaril zijn. Het amaril komt in verschillende korrelgrootten in den handel; hoe hooger nummer, hoe fijner. De nummers zijn bepaald naar de maaswijdte van de zeef b.v. nr. 60 is gezift door een zeef van 60 mazen op de cM² enz.

Ammonia liq. per Liter f 0,30, idem 25 % f 25 per 100 KG.

Ankers, Hoogezandsch of Leidsch model, 175 KG en zwaarder, f 27.—* per 100 KG.

dito 175—125 KG	. . . .	f 28,50	per 100 KG.*
125—100 ,,	. . . .	- 31,—	
100— 75 ,,	. . . .	- 33,50	
75— 60 ,,	. . . .	- 36,—	
60— 50 ,,	. . . .	- 38,—	

Ankerboeien, per stuk f 5,50.*

Asbest, koord per KG f 1,50; plaat per KG f 0,40.*

Avegaars voor gaten van . . .	3/8″	½″	5/8″	¾″	7/8″	1″	
prijs per stuk . . .	0,50	0,50	0,55	0,65	0,75	0,80	Gld.

Ballastschoppen zie schoppen).
Bankhamers zie hamers).

Bankschroeven, bekwijdte	85	100	120	140	160	180	200	mM.
gewicht	10-12	18-20	28-30	42-44	59-61	79-82	90-94	KG.

Duitsch model f 0,40 per KG.
Engelsch „ - 0,50 „ „

Barnsteenhars. Het moet in een 10-voudige hoeveelheid terpentijnolie geheel oplossen en een donkere bruine doorschijnende kleur hebben.
Beitels, stok-, koud- en ritsbeitels per KG f 1,25 à f 2,10,
steek-, draai- en gietbeitels,

breed	1/8-¼″	3/8-½″	¾″	1″	1½″	2″	
prijs per stuk met handvat	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65	0,85	Gld.*

Bilhamers (zie hamers).
Blaasbalgen, afmetingen van 1,15 × 0,64 tot 1,50 × 0,86 M; prijs f 28,— tot f 56,—.
Blauwsteen, (gemalen) per KG f 0,20.
Blikscharen (zie scharen).
Boezemschoppen (zie schoppen).
Bollantaarns, blikken 7″ per stuk f 1,75.*
koperen 7″ „ „ - 3,50.*
Boormachines voor ijzer met zelfaanzetwerk
voor gaten van 1″ 1¼″ 1½″
prijs . . . f 59,— f 68,— f 80,—*
Amerikaansche houtboormachines, (fig. 2).
verstelbare, per stuk . . . . . f 8,—*
Idem vaste, „ „ . . . . . - 7,—*
boren voor deze machines per stuk f 0,60 tot f 1,85.*
Hand- en railboortoestellen (fig. 3) tot 40 mM boorgat . . . . f 18,— tot f 25,—*
Gegoten ijzeren pijpboortoestellen (zonder de boren) . . . - 40,— „ - 50,—*
boren f 1,40 tot f 2,20* per stuk.

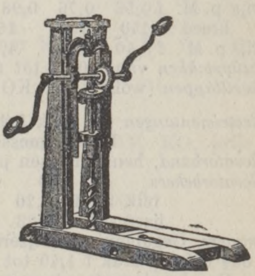


Fig. 2.

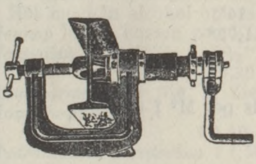


Fig. 3.

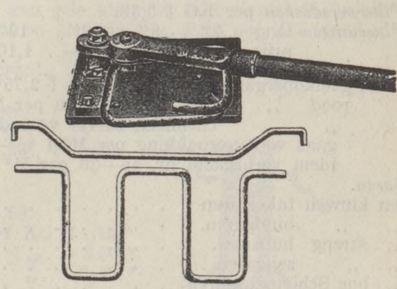


Fig. 4.

Booromslagen, gewone booromslagen
met houten handvat f 0,60—f 1,10*
metaalbooromslagen f 5.—f 9.—*
Boorijzers per stuk f 0,75.
Borax, per KG f 0,40. Borax moet geheel in water kunnen oplossen maar niet in alcohol. Met zuren behandeld, mag het niet opbruisen.
Bordpapier in vellen van 63—67 × 76—80 cM.

dik	± 1	2	3	4	5	6	7	mM.
prijs per vel	0,15	0,25	0,35	0,45	0,60	0,75	0,80	Gld,*

Buigtoestel voor betonijzer (fig. 4).
grootte nr. 1 voor rond ijzer tot 22 mM, gewicht ± 25 KG, prijs f 17,—*
„ „ 2 „ „ „ „ 32 „ „ ± 40 „ „ - 28,—*
Bijlen, snoeibijlen, per stuk . . . . f 0,90 tot f 1,50*
rooi „ „ „ . . . . - 3,50 „ - 5,—*
hand „ „ „ . . . . - 0,70 „ - 1,50*
Calorit voor ketelbekleeding in zakken van 50 KG per 1000 KG f 9,—.
Carbid korreling 2 × 4 tot 25 × 50 per 100 KG f 32,50 ,gasgehalte 300 L per KG.

Carbolzuur per KG f 0,24.
Carborundum of *siliciumcarbid* (SiC) in poeder per KG f 0,90.
Chloorcalcium 90/95 % per 100 KG f 14.—.
Condensorkoord in pakken van 400 gram per pak f 1,80.
Consistentvet (zie bldz. 594).
Creoline per 100 KG f 15,—.

Dekkleeden f 1,— per M².*
Dommekrachten (zie Hefwerktuigen).
Doodekop (bruine) per KG f 0,06^{5}.*
Dopsleutels voor railschroeven, lang 70 à 75 cM, kruk 60 cM, per stuk f 2,50.*
Draadmeters per stuk f 3,—.
Draadsnijmachines voor ¼″ 3/8″ ½″ ¾″ 1″ f 95,—.*

Drilboren

	10″	12″	14″
	f 1,90	f 2,—	f 21,5.*

Drijfriemen, prima kroonlederen: (zie ook: Mechanische krachtoverbrenging)

breed	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
prijs p. M′	f 0,56	0,76	0,98	1,20	1,45	1,70	2,—	2,30	2,60	2,90	3,10*
breed	140	150	160	180	200 mM.						
prijs p. M′	f 3,40	3,70	4,—	4,50	5,—*						

Duimstokken van f 0,35 tot f 1,— en meer.
Dweillappen (wollen) per KG f 1,40.

Electricientangen per stuk f 2,—.
Reservemessen per paar f 0,35.
Elevatorband, hennepriemen per M′ lengte en cM breedte f 0,08.

Elevatorbekers

	8	9	10	11	12	13	14 cM
blik	f 0,19	0,20	0,23	0,25	0,27	0,31	0,35
ijzer	- 0,20	0,23	0,24	0,27	0,29	0,31	0,35

Emmers. Gegalvaniseerd ijzeren emmers, middellijn 10 tot 14 Eng. dm. of 25 tot 35½ cM per stuk f 1,40 tot f 2,—. Gemiddeld model van 15 L inhoud f 1,70.
Gegalvaniseerde slagputsen van 8 tot 10 Eng. dm, middellijn per stuk f 0,80 tot f 1,20.

Filterpersdoeken per KG f 3,50.

Fittertangen

lang	7″	8″	9″	10″	12″	14″
prijs	f 0,65	0,80	1,—	1,10	1,50	1,75*

Gaas, geelkopergaas per M² f 2,25 à f 2,75*
rood ,, met grove mazen per M² f 3,75*
,, ,, chemisch zuiver voor dynamoborstels per M² f 6,—*
gaas voor verpakking per M² f 4,—*
idem vernikkeld nr. 16—30 per M² f 5,—*

Garen.

een kluwen takelgaren	f 0,30*
,, ,, bindgaren	- 0,18*
,, streng huizing	- 0.50*
,, ,, zeilgaren	- 0,30*
,, bos Schiemansgaren	- 0,50*

Gaspijptangen voor pijp en sok:

	¼″	3/8″	½″	¾″	1″	1¼″	1½″	1¾″	2″	3″
voor pijp	f 0,80	1,—	1,20	1,40	1,60	1,95	2,55	2,75	3,—	4,20
,, sok	- 1,20	1,25	1,40	1,60	1,95	2,50	2,75	2,95	3,55	4,70*

Gedestilleerd water, bemande flesch van 60 KG f 3,50 per flesch.*

Gewichten, ijzeren,

	1	2	5	10	25	50 KG
prijs	f 0,40	0,55	1,15	1,95	3,65	7,50*

koperen, per blok f 2,50.*
Glycerine per KG f 0,95.*
Graphiet komt in poeder en stukken in den handel. Voor gieterijgebruik mag het aschgehalte niet meer dan 25 % bedragen terwijl houtskool, cokes of distilleerbare koolwaterstoffen er niet in mogen komen. Voor smering moet het fijn en gelijkmatig gemalen zijn.
Poeder voor het smeren van wissels enz. 1½ L op ± 13 L water, prijs per KG f 0,15.*

Grondboren voor plantgaten enz. (fig. 1571 cat. Linde Teves)

grootte	3″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	12″	14″
lang	4′	4′	4′	4′	4′	4′	4′	4′	6′	6′
prijs	f 5,50	6,—	6,25	6,50	7,—	7,50	8,—	9,—	20,—	25,—*

Guttapercha moet geheel vrij van zand en harsachtige bestanddeelen zijn. Goede kwaliteit slechts 1% afwaschbare onreinheden bevatten. De bereide guttapercha moet in warm water met zooveel bloem van zwavel gekneed zijn, dat het een grijsbruine kleur heeft.

Haak (Sluis- of Schippers-) f 1,50.
Haakstokken per voet f 0,06.
Haalmessen (timmermans) met hechten,

lang	8″	10″	12″	14″	16″
Prijs Gld.	0,60	0,70	0,80	1,10	1,30

Haarvilt voor ketels, per vel f 0,45 à 0,65.*
Hamers, gegoten stalen voorhamers f 0,40 tot 0,60* per stuk.
,, ,, zijhamers - 0,40 ,, 0,60* ,, ,,
,, ,, mokers - 0,40 ,, 0,60* ,, ,,
,, handhamers per stuk f 0,24 à f 0,36*; per KG f 0,75.*
ketelbikhamers met steel f 0,90* per stuk,
klauwhamers f 0,75 tot f 1,50* ,, ,,
bilhamers van ± 1 KG per stuk f 2,—,*
bankhamers f 1,10 per KG, per stuk met steel f 2,50,*
spoorspijkerhamers, lang ± 25 cM, baan ± 5 cM, zwaar ± 4½ KG, prijs per KG f 0,60.*

Hamerstelen	12″	14″	16″	20″	36″
per dozijn	f 1,20	1,30	1,40	2,—	5,—*

Handlieren (zie Hefwerktuigen).

Handschroeven	4″	5″	6″	7″
	f 0,85	1,10	1,50	2,50

Handspaken (zie lichtboomen).
Harken met steel per stuk f 0,70 tot f 1,20.
Hars moet doorschijnend aanzien hebben van gele kleur en met glanzende breuk. Het moet in alcohol oplossen en niet taai en kleverig zijn. Prijs per KG f 0,20.
Hennep los in bossen per KG f 0,50.

Hoosvaten	5″	5½″	6″ breed.
	f 0,25	f 0,30	f 0,35*

Houtboormachines (fig. 5) Zie Boormachines.

Houtschoppen, Nr.	1	2	3	4
	f 1,10	f 1,20	f 1,30	f 1,40*

Hydraulische persdoeken f 1,50 per KG*.

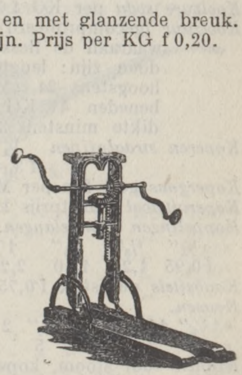


Fig. 5.

Indiarubber kleppen per KG f 5,50 tot f 6,50.
in bladen met linnen per KG f 1,10.*
,, ,, zonder ,, ,, ,, - 3,50.*
,, ,, met koper ,, ,, - 1,75.*
Indicateurs, Richards, compleet f 115,—.*
Indicateurpapier f 1,50 per 100 blad.*
Indicateurkoord f 0,75 per streng.*

Injecteurs	¼″	½″	¾″	1″	1¼″	1½″ pijpen.
	250	500	1 000	2 000	3 000	4 000 L. opbrengst.
koperen	f 27,—	29,—	40,—	60	72,—	85,—*
ijzeren	f - —	—	32,—	50,—	62,50	75,—*

Isoleerstof (droge kiezel) voor bekleeding per KG f 0,20.
Isoleervilt, geperst, 1 × 2 Meter, 20 mM dik, f 1,20 per vel.*

Kaalfaatwerk per KG f 0,36.*
Kalfaatijzers scherp f 0,35.*
Kalfsleer in vellen f 4,30 per KG.*
Kalkemmers gegalv. ijzeren met kruisbodem (fig. 6) f 1,10 per stuk.
Kalkhouwen en schoppen (fig. 7 en 8) f 0,65 en f 0,70 per stuk.



Fig. 6.

Kalkmouwen of *-dragers* Rotterdamsch model (fig. 9).
Extra zware gegalvaniseerde ijzeren kalkmouw f 3,75 per stuk.
IJzeren gesmede Kalkmouw, Rotterdamsch model f 2,75 per stuk.

Kalkmolens voor handkracht met jachtwiel f 80—f 95* (zie mortelmolens en Beton).

Katoen (zwart en bruin) per M f 0,21, bont f 0,19.

Kernnagels vertinde per 100 KG

lang	40	50	65	80	90	105	120 mM
	f 4,—	5,—	6,—	7,—	8,50	10,—	11,—*

Ketellampen, blikken f 1,25 per stuk.*
Wells ijzeren - 1,50 ,, ,, *

Ketelpakken (stofdicht) wit en bruin linnen f 7,— per stuk,

Kettingen (zie bldz. 670).

Kettinghaken f 0,35 per KG.*

Kieselguhr, prijs per 100 KG 1ste soort f 16,—,* 2de soort f 12,—.*



Fig. 7.



Fig. 8.

Klepkasten	½″	¾″	1″	1¼″	1½″	1¾″	2″*
met draad	f 2,25	3,10	4,10	5,40	6,75	8,25	10,—
met flenzen	f 2,80	4,10	5,60	7,20	8,90	11,—	12,50*

Kraanklepkasten - 7,50 f 9,— f 12,— tot f 30,—.*

Klingerit per KG f 2,40; echt in bladen van 1500 × 1000 mM per KG f 5,—.*

Klinknagels (zie bldz. 678).

Knipmachine voor betonijzer (fig. 10) voor platijzer tot 60 × 10 mM en rond en vierkant ijzer van 4 tot 20 mM; gewicht ± 35 KG f 57,50.*
Idem voor plaatijzer tot 5 mM dikte f 20,— à f 25,—.*

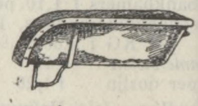


Fig. 9.

Koevoeten gesmeed ijzer met verstaalde klauw en punt, lang ± 100 cM, zwaar ± 5½ KG, prijs f 2,25.*

Kolenschoppen per stuk f 1,— tot f 1,25.*

Koolzure soda per KG f 0,11.*

Koolzuur (gecomprimeerd) in stalen cilinders. De eischen, waaraan de flesschen in Duitschland moeten voldoen zijn: lengte hoogstens 2 M, inw. middellijn hoogstens 21 cM; rekgrens van het staal liefst beneden 41 KG, maximum 45 KG/mM²; wanddikte minstens 3 mM. Prijs per 10 KG f 1,75.*

Koperen straalpijpen	½″	⅝″	¾″	1″
	f 3,—	3,50	4,50	6,— per stuk.*

Kopergaas geel fijn per M² f 275.*

Kopervitriool marktprijs Londen pdst. 23 à 24.

Koppelingen voor slangen.

½″	⅝″	¾″	1″	1¼″	1½″	2″
f 0,95	1,20	1,40	2,20	2,80	4,25	5,25 p. stel.*

Koubeitels per stuk f 0,75.*

Kousen.

1¼″	1½″	1¾″	2″	2¼″	2½″	2¾″	3″	3½″	4″
4	4	5	5	6	7	8	9	12	18 ct.*

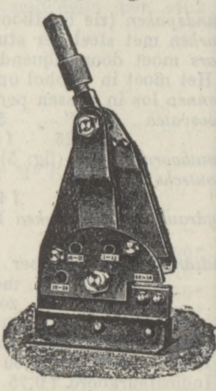


Fig. 10.

Kranen voor stoom, koperen met plug en draad.

	⅜″	½″	¾″	1	1¼″	1½″	2″	2½″	3″
	f 1,50	1,80	2,75	3,95	6,—	8,40	12,70	25,50	32,50*
met pakking en draad:	- 2,20	2,80	3,60	5,40	7,30	10,30	15,50	32,50	42,50*
met plug en flenzen:	- —	3,20	4,50	6,10	8,70	12,30	17,40	28.—	39,—*
met pakking en met flenzen	- —	3,40	4,60	7,20	10,—	13,50	21,20	33,50	44,50*
drieweg:	- —	—	6,80	9,80	13,30	17,—	27,—	40,—	56,—*

Kruiwagens (zie bldz. 698) gemidd. f 3,25* het st. voor houten en f 20,—* voor ijzeren.

Krijt (gemalen) per 100 KG f 4,—.

Kurkenzak met touw f 2,40.*

Ladders per sport f 0,25.*

Lampkatoen in bollen per KG f 1,—.*
Leer, kalfsleer in vellen per KG f 4,50,* liesleer f 1,10,* zoolleer f 2,10,* binnenzoolleer f 1,46.*
Lichtbok (houten) grondvlak 0,28 × 0,25 M, hoog in het midden 15 cM, prijs f 4,—.
Lichtboomen, houten lichtboomen (zware), geheele lengte 3,25 Meter; boombreedte 85 mM, prijs f 16,—.
Looddraad in dikten van ¼″ tot 1/32 per KG van f 0,55 tot f 1,10.*
Loodwit prima f 0,28 per KG.*
Lijm (meubel) per KG f 0,70.*
Lijmpotten, gegoten ijzeren met vertinden binnenpot.

inhoud	0,15	0,22	0,35	0,60	0,90 liter.
prijs	f 0,68	0,90	1,02	1,24	1,75*

Lijnolie (zie Verf- en Teerwerk) rauwe f 0,27* per liter, gekookte f 0,30* per liter.
Lysol per KG f 1,05.*

Machineolie (zie Oliën).
Manometers en Vacuummeters systeem Schäffer en Budenberg of Bourdon:

diameter in mM	80	100	130	150
prijs per stuk	f 7,75	9,—	10,25	11,—*

Menie, zuivere, per KG f 0,25* zie verder ,,Verf- en
mastic ,, ,, - 0,60* Teerwerk".
Metaalzagen ± 30 cM lang f 0,40.*
Mortelmolens handvermogen 8 M^3 per uur (fig. 6) per stuk compleet f 75,—* (zie Betonbereiding).
Mos ± f 2,—* per pak van 100 bos.


Fig. 11.

Nijptangen lang 6″ tot 14″ per stuk f 1,50 — f 3,—.

Oleonaphtha per Liter f 0,17.*
Oliekannen (fig. 12). Inhoud 1/6 tot 1 Liter. Prijs met losneembare blikken tuit per stuk f 0,70 tot f 1,40, met koperen tuit f 0,15 tot f 0,20* meer. Prijs met rood koperen vaste tuit f 0,45 tot f 0,95* per stuk.
Oogijzers, gewoon smidsoogijzer, lang 25 cM, vierkant inwendig 12½ cM, gatmiddellijn 2½ cM, per stuk f 3,30*
Patent smidsoogijzers.

middellijn	115	175	225	275 mM
prijs	f 5,60	7,75	8,60	13,—*


Fig. 12.

Paardenvet per KG f 0,36.

Pakking zelfsmerende	per KG f 0,40*
vetpakking	,, ,, - 0,70*
henneppakking	,, ,, - 1,20*
katoen ,, (droog en gevet)	,, ,, - 1,20*
marine-blokpakking	,, ,, - 1,50*
daggar ,,	,, ,, - 1,50*
asbest ,,	,, ,, - 1,50*
tucks ,,	,, ,, - 1,05*
Lindsays pakkingringen (hennep met grafiet en vet)	,, ,, - 2,45*

Paraffinevernis per KG f 0,10.*
Passers, krom-, rechte en binnenpassers, per stuk f 0,60 tot f 1,50.*
Patentolie per liter f 0,35.*
Patjols f 0,70 per stuk zonder steel, (van Linde Teves speciaal merk Goenoeng Api 160 mM breed, 300 mM hoog) f 1,30.
Peilglazen per KG f 1,50; op maat ½ tot 1 cent per cM, of ook per dozijn:

uitwendige middellijn mM	10—11	12—14	15—17	18—19	20—21	22—23	24—25
lengte in mM van 160 mM	f 1,65	1,80	2,05	2,45	2,70	2,95	3,20*
tot 500 ,,	- 2,55	2,95	3,85	5,15	5,75	6,50	7,30*

Peilglastoestellen met plug	3/8″	½″	5/8″	¾″	1″
prijs per stuk	f 9,—	11,—	13,50	16,—	25,—*

Pek in balies van 7½ tot 20 KG, per KG f 0,12.*
Pikhouweelen
halve met punt, zwaar ± 2,5 KG, per KG f 0,40.
met 2 punten, zwaar ± 3 KG, per KG f 0,40.
met punt en dissel (fig. 13) zwaar ± 4 à 5 KG, per KG f 0,40.



Fig. 13.

met bijl en dissel, zwaar ± 3 KG, per KG f 0,40.
,, ,, ,, punt, ,, ,, 2,5 ,, ,, ,, - 0,40.
,, hamer en punt, ,, ,, 3 ,, ,, ,, - 0,45.
pikhouweelstelen van hickoryhout, lang 36 Eng. dm., per stuk f 0,40.
,, ,, esschenhout, ,, 37 ,, ,, ,, ,, - 0,40.
Plombeertangen per stuk f 4,— tot f 18,—; loodjes f 2,— per 1000.
Poetsdoeken per dozijn 0,60 à f 0,70.
Poetskatoen, wit (lang) per KG f 0,40 à f 0,50.
bont ,, ,, ,, - 0,29 ,, 0,30.
prima geplozen nopjes ,, ,, - 0,62.
Poetspoeder (gemalen blauwsteen) per KG f 0,15.
Pompen (zie Bemalingswerktuigen).
Ponsmachine voor handkracht, ,,Triplex''machine (fig. 14).

ponsende gaten tot	13	17	20	23	26	30	mM
door ijzerdikten van	9	12	16	17	20	25	,,
prijs	21	35	58	85	140	180	Gld

Hefboomponsmachines,

ponsende gaten tot	4	6	8	10	12	15	mM
door ijzerdikten van	4	6	8	10	12	14	,,
prijs	22	29	37	51	60	130	Gld

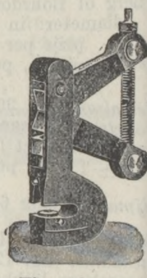


Fig. 14.

Potlood per KG f 0,25.
Proefkranen

	¼″	½″	¾″
met plug	f 2,10	3,—	4,50
, pakking	- 2,40	3,60	5,—

Pijpentangen

Gewone pijpentangen voor	¼″	½″	1″	1½″	2″	2½″	3″	4″
Prijs per stuk	f 0,65	0,80	1,25	1,90	2,20	2,80	3,40	4,75

Kettingtangen	¹/″-¾″	¼″-1½″	½″-3″	1″-6″	1½″-8″	2″-12″
Prijs	f 3,40	4,90	7,10	10,80	16,50	25,—

Pijpsnijtangen voor gaspijpen	⅛″-1″	¼″-2″	½″-3″	2″-4″
Prijs	f 5,—	7,—	13,—	20,—

Reservemessen f 0,30 tot f 1,— per stuk.

Voor gegoten ijzeren buizen	2″-8″	5″-10″	5″-13″
Prijs	f 28,—	f 31,—	f 37,—

Snijwieltjes per stuk f 1,—.

Raamwichten per KG f 6,50.
Raapolie, zuiver, f 0,32 per Liter.

Railbuigers voor rails tot	12	15	27½	38	50 KG/M
prijs	f 17,—	20,—	28,—	49,—	57,—

Railhaken met handvat, lang 0,50 M, dik 22 mM, haak 115 × 35 mM, per stuk f 1,30.
Railtangen wegende ± 12 KG, per stuk f 4,75.
Rammelschijven.

Diam. der schijven in Eng. dm.	4	6	8	10	12	16	20	22
Voor touwdikte van Eng. dm.	⅝	1	1⅛	1⅛	1¼	1⅓	1½	2
Prijs per stuk	f 1,20	2,05	2,65	3,10	3,90	5,70	8,—	9,—

Ratelboren lang	10″	12″	16″	24″
per stuk	f 5,50	6,50	9,—	12,—	14,50.

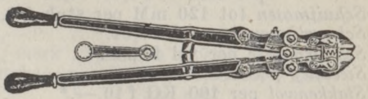
boorijzers voor ratelboren f 0,50 tot 0,85 per stuk.
Reddingsboei met lijn f 7,—.
Regenton (eiken) met deksel, hang en sluitwerk f 10,—.

Riemankers No.	5	4	3	2	1	0
p. 100 stuks	f 0,80	1,10	1,35	1,60	2,20	2,50.

Riemschroeven	¼″	⅜″	⅝	1″
per dozijn	f 0,90	1,10	1,60	2,20

Riemsmeer per KG f 1,—.
Riemverbinders per stuk f 0,30.
Rottingzakken (omwoeld) nr. 3 f 2,—, nr. 4 f 2,35 per stuk.

Salmiak per KG f 0,80.
Scharen.
snoeischaren per stuk f 1,50—f 4,—
grasscharen of haagscharen per stuk f 1,90—f 2,50.
scharen voor het knippen van plaat- en staafijzer in dikten van 4 tot 10 mM f 22,50 tot f 40,—.

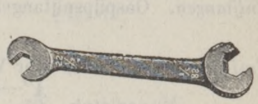

Fig. 15.

Bouten en betonschaar (fig. 15) met nastelbare messen.

No.	0	1	2	3	
Knipt bouten tot	5/16″	3/8″	½″	5/8″	Eng. duim.
Knipt draad tot	6	7½	10	13	Millimeter.
Prijs der schaar	f 5,—	6,50	9,25	12,—*	per stuk.
Reservemessen	- 2,40	2,85	3,90	5,—*	,, ,,

Schaven.
Railschaven per stuk f 14,—*
Schellak per KG f 1,—.*
Het moet zuiver en vrij van minerale zuren zijn. Bij oplossing in aether mag hoogstens 16% overblijven en in alcohol alleen weinig vuil achterblijven. In den handel komt blond en bruin schellak voor; de kleine blaadjes moeten bijna doorschijnend broos zijn en niet aan elkaar kleven.
Schiemansgaren 2 en 3 draads per KG f 0,50;* beste f 0,80 per KG.*
Schiftijzers lang 1,45 M, dik 40 mM, per stuk f 3,75.
Schoffels met steel, per stuk f 0,65—f 1,50.*
Schoppen en spaden.
ballast- of kolenschoppen (verstaald) met open handvat (fig. 16), per stuk f 1,20—f 2,—,
zandschoppen (batsen) met scherpe of afgeronde hoeken per stuk f 0,70.
boezemschoppen, per stuk f 0,75.
stalen schoppen met vierkant of puntig bled met krukhandvat, per stuk f 0,70—f 1,20
idem met open handvat, p. st. f 0,90—f 1,40.
locomotiefschoppen met krukhandvat, per stuk f 1,50—f 1,80.


Fig. 16.


Fig. 17.

cokesschoppen (geklonken) met veeren en open handvat, per stuk f 1,90—f 2,20.
tuinspaden met veeren, vierkant of puntig bled en krukhandvat, per stuk f 1,20—f 1,40.rooi- of Utrechtsche spaden, p. st. f 1,40—f 1,50, kleispaden of smalle spaden, per stuk f 1,40 tot f 1,60.
puntschop of Hoornsche graaf, per stuk f 1,40 tot f 1,60.
Schroef-, moer- of steeksleutels. (fig. 17).
Van geslagen ijzer met geharde en gecalibreerde bekken:

bekwijdte mM	12-14	14-18	18-20	20-22	18-22	22-25	22-28	28-30	28-32	32-35
voor bouten van	¼-5/16	5/16-3/8	3/8-7/16	7/16-½	3/8-½	½-9/16	½-5/8	5/8-11/16	5/8-¾	¾-13/16
prijs per stuk	0,50	0,60	0,80	0,90	0,80	1,--	1,20	1,50	1,60	1,90

bekwijdte mM	32-38	35-38	38-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75
voor bouten van	¾-7/8	15/16-7/8	7/8-1	1-1⅛	1⅛-1¼	1¼-1⅜	1⅜-1½	1½-1⅝	1⅝-1¾
prijs per stuk	2,—	2,10	2,70	3,20	3,60	5,50	6,10	6,70	8,50

Engelsche sleutels van geheel geslagen staal:

Gewicht	1½	2	2½	3	3½	4	KG
Prijs*	f 2,05	2,60	3,10	3,60	4,60	5,20	

Hollandsche sleutels patent van Duijl:

Bekopening	70	52	40	36	35	25 mM
Prijs*	f 12,—	8,50	4,75	3,75	2,50	1,40

Schroevendraaiers lang 4″ 5″ 6″
per stuk* f 0,45 0,50 0,60

Schuifmaten tot 120 mM per stuk f 3,75.
Schuurlinnen per vel f 0,04.*
Schuurpapier per vel f 0,02⁵.*
Siccatief per KG f 1,—.*
Slakkenwol per 100 KG f 10,—.*



Fig. 18.

Slijpsteenen.

Carborumdumslijpsteenen zijn hard, glimmen spoedig, snijden slecht en verhitten het slijpwerk.

Natte zandsteenen zijn geschikt voor slijpwerk, al snijden zij minder fel. Zij zijn als natuursteen beter dan kunststeen. De zachtste soorten zijn de beste. Corundum, Aloxite en Alumdumsteenen zijn goede steenen.

Prima Engelsche New-Castle slijpsteenen (met asgat).

Diam.	14	16	18	21	22	24	Eng. dm.
Dikte	2½	2½	3	3	3	3½	,, ,,
Prijs	f 1,35	1,80	2,25	3,—	3,45	4,45	
Diam.	28	32	35	39	42	Eng. dm.	
Dikte	4	4½	5	5	6	,, ,,	
Prijs	f 6,40	7,80	10,75	14,—	20,—		

Slijpsteenen op ijzeren voet voor hand en voetbeweging (fig. 18).

Diameter van den steen	33	40	45	50	55
	f 8,85	9,80	12,50	13,65	16,95
Enkele spatschermen	- 0,95	0,95	1,30	1,30	2,15
Enkele steunijzers	- 0,90	0,90	1,10	1,10	1,35

Smeedtangen, lengte 25 tot 65 cM; per stuk f 0,90 tot 2,15* of per KG f 0,60 à f 0,80.*

Smidsvormen (v/d firma Linde Teves) met windaanvoer van onderen, diameter windbuis 50 mM varieerende 440—530 mM. Prijs f 25,—.*

Snijtangen. Gaspijpsnijtangen voor pijpen van ¼″—1″ f 8,—.*
1¼″—2″ - 12,50.*
2¼″—3″ - 18,—.*

Snij-ijzers, Engelsche, voor Whitworth en gasdraad

	¼″—½″	½″—¾″	¾″—1″	1″—1½″
per stuk	f 5,—	f 6,—	f 8,70	f 18,50*

Gasdraadsnij-ijzers ,,Vulcan" (Holl. fabrikaat), waarmede tusschen ruime maten geen kussens behoeven te worden verwisseld, deze niet terugwerken kunnen en ook konische draad kan worden gesneden.

Prijzen* voor ¼—¾″ f 20,—. ¼—1½″ f 30,—. 1—2″ f 30,—. 2—3″ f 50,—. 3—4″ f 75,—.

,,Beaver" snij-ijzers, snijdende 1″ tot en met 2″, per stuk* f 45,— tot f 52.50
extra snijmessen . . . . f 1,50*
idem snijdende 2¼″ tot en met 4″, per stuk* . . . - 165,—
extra snijmessen . . . . - 4,—*

,,Whitworth"-snij-ijzers met 2, 3 en 4 tappen, verpakt in doozen compleet:
snijdende ¼″ tot en met ½″ f 16,— à f 25,—*
,, ¼″ ,, ,, ,, 1″ - 33,— ,, - 52,—*
,, ¼″ ,, ,, ,, 1½″ - 100,— ,, - 160,—*

,,Hollandia"-snij-ijzers voor Whitworthdraad (Holl. fabr.).
Prijzen* 3/16—¼, 5/16—3/8, ¼—3/8, f 15,—. 7/16—½, 3/8—½ f 18,—. 5/8—¾ f 25,—. 7/8—1 f 32,—. 1 1/8—1¼ f 40,—. 1 3/8—1½ f 55,—.
Onder het draadsnijden moet voortdurend goed gesmeerd worden, waartoe het best lijn- of raapolie wordt gebezigd.

Soda (caustic) of bijtende natron (natriumhydroxyde) moet in ijzeren buizen worden verpakt, wanneer het bewaard moet worden. Voor het schoonmaken van werk-

tuigen neme men een proef op de deugdelijkheid. Prijs van het poeder in bussen per 100 KG f 27,—.*

Soda (*gewone*) of gecalcineerde soda moet watervrije koolzure soda zijn (natrium carbonaat) per KG f 0,04.*

Soldeer. Kopersoldeer per KG f 1,10.*
Tinsoldeer „ „ - 1,20.*

Soldeerbouten, spitse en platte, per stuk f 2,—.*

Soldeerlampen voor spiritus f 2,20 tot f 2,60, merk „Talisman” f 7,— tot f 12,—.*

Soldeerwater per KG* f 0,60; in steenen flesschen, per flesch* f 0,30 tot f 1,20.

Spiraalboren	6	8	10	14	18	22 mM.
	*f 0,80	1,—	1,15	1,65	2,40	4,—

Spiritus per Liter f 0,18.*

Splitpennen 2 × 20 tot 10 × 100 mM, f 0,15 tot f 2.—.*

Spoormallen voor spoorwijdten van 600 tot 1435 mM f 5,— tot f 5,75.*

Staal (zie bldz. 556), gereedschapstaal per KG f 0,75,* smeestaal per KG f 0,50.*

Staaldraadborstels per dozijn f 8,—.*

Stampers, houten spoorwegstampers, lang 1,44 Meter, breed 15 cM, dik 35 mM, met ijzeren beslag f 4,—;* gebogen model lang 1 M, breed 8 cM f 3,50.*

Stootkussens van geteerd touw f 3,50 p. st.
met ijzeren beslag f 4,—; gebogen model lang 1 M, breed 8 cM f 3,50.

Stijfsel per KG f 0,25.*

Takels (zie Hefwerktuigen).

Talk, blanke harde per KG f 0,40.*

Tangen (gaspijptangen en fitterstangen, zie bldz. 740). Buig- en kniptangen f 1,25.

Tappen voor smids- en gasdraad:

¼″	³/₈″	½″	⁵/₈″	¾″	1″	1½″
f 1,25	1,35	1,60	2,—	2,50	3,25	5,50

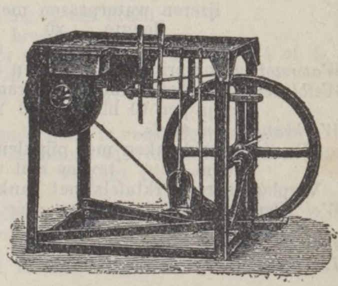


Fig. 19.

Teer (zie blz. 584) per ton f 14,—.*

Terpentijn per liter f 0,30.*

Toerentellers merk Record f 12,50 per stuk.

Touw (zie bldz. 675) per KG f 0,35—f 0,45.*

Traan per Liter f 0,40.*

Turfstrooisel per 10 KG f 0,10.*

Vaarboomen per voet f 0,07.*

Veldsmidsen, ronde met bekleeden balg

diameter balg	22	27	32	37	42 cM.
prijs	f 32,—	37,—	45,—	53,—	60,—

Gesmeed ijzeren met ventilateur en patent oogijzer (fig. 19):

lengte × breedte van de vuurplaat	530 × 450	700 × 500	800 × 560	1000 × 80
Prijs per stuk	f 16,—	21,—	29,—	44,—



Fig. 20.

Verfkwasten, f 0,30 tot f 1,50 per stuk.*

Vetpotten (merk Stauffer) per stuk f 0,30 tot f 0,75.

Vilt voor olie en draagpotten, ± 12 mM dik, per M² f 7,50.*

Vleeschlijm. De bruine moet hard, droog en bijna reukeloos zijn. Trekproef met 2 stukjes eiken kopshout te nemen; trek moet ± 25 KG/cM² zijn. De witte lijm of Russische lijm moet ook hard droog en zoo goed als reukeloos zijn, terwijl hierbij de trekproef ± 40 KG/cM² moet zijn.
Bij verbranding mag het aschgehalte niet grooter dan 10% zijn.

Vloeraandrijvers, spanwijdte 6 Eng. duim, per stuk f 8,25.*
hefboomdrijvers, „ „ - 5,80.*
„De Kroon” vloeraandrijver (fig. 21) prijs voor 6 Eng. dm. binten f 9,—.

Vorken, hooivorken met steel per stuk . . . . f 0,90 tot f 1,50*
mestvorken „ „ „ „ . . . . - 1,50 „ - 3,00*
cokesvorken met 10 à 12 tanden (fig. 20) per stuk . f 3,00 „ - 3,50*
Alang Alang vorken met 3 of 4 platte of vierkante tanden . . . - 1,50*
Patjolvorken „ „ 3 „ 4 ronde of vierkante „ . . . - 1,—*

Vuurklei per 100 KG f 3,—.*

Vijlen moeten van goede kwaliteit kroezenstaal zijn en gelijkmatige scherpe kap bezitten. Zij worden behalve naar den vorm naar de lengte genoemd. Is een vijl lang 0,31 of 12″ dan is deze vijl buiten den arend 31 cM lang. Men onderscheidt 4 groften van kap en wel grof, bastaard, half zoet en zoet. Vijlen van Eng. staal,

	lengte	4″	6″	8″	12	16″	18″
prijs per dozijn*	basterd	f 1,25	1,90	2,80	6,—	12,—	16,—
	zoet	- 1,80	2,60	3,60	7,50	14,—	20,—

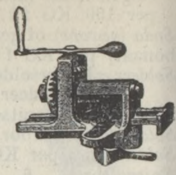


Fig. 21.

Vijzels (zie Hefwerktuigen).

Wagensmeer (zie blz. 593) per 100 KG f 14,—.*
Wagenolie per 100 Liter f 10,—.*
Warmbeitels (verstaald) per KG f 0,70.*
Was. Zuivere bijenwas is donker geel van kleur, ruikt naar honig en lost geheel in terpentijnolie op. In heet water gesmolten mag geen bezinksel achterblijven. Prijs per KG f 2,50.
Waterpassen, houten timmermanswaterpassen met koperen bovenplaat:

lengte	30	50	70	100 cM
prijs*	f 0,60	0,75	0,90	1,10

ijzeren waterpassen met koperen bovenplaat

lengte	20	25	30 cM
prijs*	f 0,55	0,70	0,90

Waterstof (gecomprimeerd) in stalen cilinders van ± 12 L, prijs per 1000 L f 1,—.*
Welbladen voor het aanlasschen van ijzer en staal,
prijs per 10 bladen 200 × 100 mM f 0,85 à f 1,30.*
Werkbanken en tafels.
,,Pionier''werkbanken met pijpklem tot 2″ . . . . f 17,50*
idem, tevens met afneembare bankschroef . . . . . - 28,50*
Verplaatsbare werktafels met bankschroef . . . . . . f 40,— tot - 60,—*
Wol (Berliner) voor oliepotten, per KG f 4,50.*

IJzerdraad (zie bldz. 670).
IJzermenie per 100 KG f 10,—.*

Zaagbeugels lang 12″ f 3,— per stuk.
Zaagmachines, railzaagmachines voor handkracht met 6 zaagbladen . . f 165,—*
,, met afneembaren electromotor . . . . - 360,—*
zaagbladen per stuk . . . . - 1,50*
Zagen, beugelzagen f 1,— tot f 2,50.*

spanzagen	lang	50	60	70	80	90 cM	
	prijs*	f 0,90	0,95	1,05	1,10	1,20	
handzagen	lang	12″	14″	18″	22″	26″	
	prijs*	f 0,80	0,85	1,—	1,15	1,40	per stuk.
toffelzagen	lang	10″	12″	14″	16″	18″	
	prijs*	f 0,80	0,90	1,05	1,15	1,25	per stuk.
schrobzagen,	lang	8—10″	11″	12″	14″		
	prijs*	f 0,25	0,30	0,35	0,40	per stuk	

ijzerzaagjes lang 12″ per dozijn f 2,—.
Zakbeugels met riemen per stuk f 2,—.*
Zeep (groene) per $^1/_8$ vat f 2,75* per pond f 0,10.*
Zeildoek per Meter f 0,50 tot f 1,—.*
Zeilgaren per bol f 0,15.*
Zinkwit (zie Verf en Teerwerk) droog f 0,30 per KG.
Zout (keukenzout) per KG f 0,06⁵.*
Zoutzuur per Liter f 0,10.*
Zuurstof (gecomprimeerd) in stalen cilinders (bombes) van 10, 12, of 46 Liter bij 120 atm. druk (overeenkomend net 1100, 1400 of 5500 L bij gewonen druk).
Prijs per 1000 L f 2,—.
Zwavel. Pijpzwavel heeft citroengele kleur, is zeer broos met kristallijne breuk en vrij van zwavelarsenik bij een s. g. van 1,96—1,98 terwijl het bij verhitting vervluchtigt zonder achterlating van vaste stoffen.
Zwavelzuur, per bemande flesch van 60 KG f 3,—.*

Maatregelen van veiligheid en voor verblijf van arbeiders.

Genees- en hulpmiddelen voor eerste hulp bij ongevallen.

In het algemeen zal een verbandkist moeten bevatten:

4 Utermöhlens snelverbanden no. 1;
2 ,, ,, no. 2;
1 ,, ,, no. 4;
2 pakjes verbandwatten à 25 gram;
2 pakjes verbandgaas 16/16 M gesteriliseerd;
6 gazenwindsels, 5 M lang en respectievelijk 5, 6 en 7 cM breed (van elke breedte 2 stuks);
2 groote driekante doeken (elk in papier verpakt);
1 rol vette watten 2/10;
3 houten, eenigszins holle spalken, 40 cM lang, 9 cM breed;
3 bordpapieren spalken, 40 cM lang, 9 cM breed;
1 rolletje Amerikaansche rubber kleefpleister op spoeltje, 90 cM lang, 4 of 5 cM breed (salicyl sparadrap fabrikaat Johnson & Hohnson);
1 snoer volgens Foulis tot het afbinden van slagaderen;
1 pincet (splintertang);
1 platgeknopte, knievormige gebogen verbandschaar te vens kleerenschaar;
1 nagelborsteltje in aluminium doos } kan desnoods met de zeep in één doos
1 stuk zeep in aluminium doosje } verpakt zijn;
2 kleine handdoeken;
1 stuk (minstens 6 meter) grijs band op plankje;
12 veiligheidsspelden in doosje of op kaartje.

Huisvesting van arbeiders bij uitvoering van werken.

De bij uitvoering van werken op te richten verblijven van arbeiders moeten volgens de Rijksvoorschriften van aanbesteding voldoen aan de volgende bepalingen:

Voor de keten of verblijven, welke de aannemer, onverschillig of hij daartoe door het bestek verplicht of niet verplicht is, hetzij op of buiten het werkterrein voor de werklieden opricht of beschikbaar stelt of welke door bij hem in dienst zijnd personeel voor de werklieden worden opgericht of beschikbaar gesteld, gelden de volgende voorschriften:

De keten of verblijven hebben loodrechte wanden van ten minste 2 M hoogte binnenwerks; zij worden voorzien van lichtramen uitkomende in de buitenlucht, ter gezamenlijke oppervlakte van 1/30 der vloeroppervlakte voor uitsluitend nachtverblijven en 1/20 der vloeroppervlakte voor dag- en voor dag -en nachtverblijven. Er moeten sluitbare en gemakkelijk beweegbare in de buitenlucht uitkomende inrichtingen, voor luchtververschingen, hetzij gevormd door lichtramen, hetzij door luchtkokers, aanwezig zijn, waarvan de gedeelten, die 2 M of meer boven den vloer zijn gelegen een gezamenlijk doorlaatoppervlak hebben van ten minste 1/60 der vloeroppervlakte.

De Directie is bevoegd om plaats en grootte der ventilatieopeningen nader aan te geven.

In tot nachtverblijf bestemde ruimten moet voor elken persoon ten minste 7 M³ vrije luchtruimte beschikbaar zijn.

Wanden en daken moeten zijn warmtekeerend, waterdicht en tochtvrij. De vloer, de zoldering en de wanden moeten bestaan uit of binnenzijds beschoten zijn met geploegde en geschaafde delen of ander daarmede gelijkwaardig materiaal.

De vloeren moeten behoorlijk droog zijn, ter beoordeeling van de Directie.

De vloer moet ten minste 0,15 M boven het terrein verheven zijn. In bijzondere gevallen kan de Directie afwijking hiervan toestaan of gelasten.

Voor elk gezin moet een geheel afgesloten slaapvertrek worden ingericht, uitsluitend ten gebruike van de leden van het gezin en voorzien van de noodige slaapplaatsen ten minste lang 1.80 M en ten minste 0.50 M boven den vloer gelegen.

Voor ieder der in de keten of verblijven des nachts gehuisveste personen, die niet tot een gehuisvest gezin behooren, moet beschikbaar zijn een slaapplaats, ten minste lang 1.80 M, breed 0.75 M en ten minste 0.50 M boven den vloer gelegen.

De verschillende slaapplaatsen zijn onderling door ten minste 0.80 M hooge schotten en van de paden door ten minste 0.30 M hooge schotten gescheiden. Bij elke slaapplaats moet ten minste aan een lange zijde een gangpad zijn van ten minste 0.50 M breedte.

Slaapplaatsen mogen niet boven elkaar worden aangebracht.

Ten laste van den aannemer moet ten minste eenmaal per 2 maanden 10 KG zuiver ligstroo verstrekt worden aan elken arbeider. Indien de Directie het gelast, moet het ligstroo tusschentijds ververscht worden.

Worden de nachtverblijven ook voor dagverblijf of schaftlokaal gebezigd, dan moet daarin buiten de slaapplaatsen voldoende ruimte aanwezig zijn voor deze bestemming en moeten er tafels, banken en een kookkachel met brandvrij ingerichte, goed trekkende rookgeleiding beschikbaar zijn, als voor schaftlokalen is aangegeven.

Worden vaartuigen of gedeelten van vaartuigen voor huisvesting gebruikt, dan moeten die verblijven aan de bovenvermelde voorschriften voldoen, voor zoover betreft de samenstelling en beschieting van vloer, zolder en wanden, en de afmetingen der paden, schotten en slaapplaatsen.

De luchtverversching en de lichttoetreding moeten alsdan zijn ten genoegen van de Directie, die tevens zal bepalen het aantal personen, dat ten hoogste in elk bedrijf mag worden gehuisvest.

De Algemeene inrichting en de plaatsing der arbeidersverblijven worden, onder goedkeuring der Directie, met inachtneming der bovenstaande voorschriften bepaald. Alvorens de verblijven door de arbeiders mogen worden betrokken, moeten zij door de Directie zijn goedgekeurd.

Onderhoud en reiniging der verblijven moet door of namens den aannemer plaats hebben naar genoegen der Directie.

Omschrijving, afmetingen en prijzen van meet- en peilwerktuigen.

(Prijzen vóór den oorlog.)

Lengtemeetinstrumenten.

Voor het gebruik, de behandeling en de beschrijving der inrichting zie ook ,,Richten, meten en bepalingen".

Meetkettingen lang 20 Meter van gegalvaniseerd staaldraad met pennen en draagringen, prijs . . . . f 24,—

Meetlatten van grenenhout met ijzeren schoenen:
lang 2 Meter, prijs per stuk . . . . - 6,60
,, 5 ,, ,, ,, ... - 16,80

idem van teakhout en ingelegd koperen verdeeling
lang 2 Meter, per stuk . . . . - 10,50

Stalen meetveeren 13 mM breed, geëtste verdeeling in étui of raam:
lang 10 Meter, prijs per stuk . . . . - 12,30
,, 20 ,, ,, ,, ,, ... - 20,—
,, 30 ,, ,, ,, ,, ... - 27,90

Stalen meetbanden 20—28 mM breed met verdeeling van koperen plaatjes met pennen en draagringen:
lang 10 Meter, prijs per stuk . . . . f 23,— tot f 25,—
,, 20 ,, ,, ,, ,, ... - 30,— ,, - 35,—

Afstandslijnen van gevlochten gegalvaniseerd staaldraad met leertjes om den meter vanaf f 9,— per 100 Meter

Haspels voor afstandslijnen met palinrichting, enz.
van ijzer prijs . . . . f 65,— tot f 80,—
,, eikenhout ,, ... - 50,— ,, - 60,—

IJzeren gierrol voor afstandslijnen met 2 handvatten f 6,—.

Jalons beschilderd en met punten van gehard staal (rond, prismavorm achthoekig)
33 mM diameter lang 2 M prijs per stuk. . . . . f 3,50
34 ,, ,, ,, 2½ ,, ,, ,, ... - 4,50
35 ,, ,, ,, 3 ,, ,, ,, ... - 5,50
37½ ,, ,, ,, 4 ,, ,, ,, ... - 10,—
40 ,, ,, ,, 5 ,, ,, ,, ... - 12,—

Hoekmeetinstrumenten.

A. *Eenvoudige hoekmeetinstrumenten.*

Spiegelkruisen, prijs per stuk . . . . f 8,— tot f 12,50
Prisma's van Bauernfeind . . . . - 12,50 ,, - 30,—
Equerres van messing, zonder verdeeling, per stuk . . . . . - 9,— ,, - 15,—
,, ,, ,, met ,, ,, ,, ... - 25,— ,, - 60,—
Meetkruisen, prijs per stuk . . . . - 23,— ,, - 30,—
Gewone boussoles:
Smalkalder boussoles, 2—3½ inch groot, in étui, prijs . . . . - 55,— ,, - 80,—
Enkele vizierboussole op poot, prijs . . . . - 57,— ,, - 77,50

B. *Hoekmeetinstrumenten met kijkers voor fijnere metingen:*

Boussoles d' Arpenteur, middellijn boussole-doos 19 cM, met kijker, prijs . . . . f 125,—

Kijkerboussoles zonder hoogtecirkel, middellijn 17—19 cM; cirkel in halve graden verdeeld, brandpuntsafstand objectief van den kijker 21 cM, compleet met statief en kast . . . . - 125,—

Boussoles Tranche—Montagne, middellijn boussole-doos 14—19 cM, cirkels in halve graden verdeeld, hoogtecirkel

met nonius afleesbaar in minuten, prijs compleet met statief en kist . . . . f 300,—

Theodolieten:

Eenvoudige theodolieten, compleet met statief en kist van . . . . . - 350,—

Repetitie-theodolieten of theodolieten voorzien van een met het onderstel verstelbaren verdeelcirkel door middel van een dubbele as.

Middellijn horizontale cirkelrand 12—21 cM; idem vertikale cirkelrand 9—15 cM. Prijs compleet met statief en kist f 475,—f 675.

Mijn-theodolieten met twee kijkers, middellijn horizontale en vertikale randen 10 tot 15 cM.

Prijs compleet f 800.

Transit-theodolieten met repetitie, 10—15 cM cirkelrand.

Prijs compleet met statief en kist f 600.

Tacheometer-theodotieten met repetite, 15—20 cM horizontale cirkelrand en 10—17 cM vertikale rand.

Prijs compleet met statief en kast f 700.

Theodoliet-boussoles met repetitie 14—16 cM cirkelrand.

Prijs compleet met statief en kist f 400.

Sextanten.

Doos- of zaksextant van nieuwzilver, met kijker, zonneglazen en verdeeling op zilver, prijs. . . . . f 130,—

Sextanten van 6½—7½″ straal, verdeeling op zilver, drie (astronomische, Hollandsche, terrestrische en afzonderlijke sterren-)kijkers en zeven zonneglazen, compleet in kist . . . . f 200,— tot f 240,—

idem, eenvoudiger met één of twee kijkers . . . . - 120,— ,, f 200,—

Reissextanten van 4—5″ straal, verdeeling op zilver . . . . - 120,— ,, - 150,—

Octanten.

Octanten met verdeeling tot 130°. 1 astron. kijker van 20 mM opening, 1 terrestr. kijker, 1 kijker zonder glazen en 1 Holl. kijker, met 4 zonneglazen tusschen de spiegels en 3 achter den spiegel, prijs f 160,— tot f 180,—

idem, eenvoudiger met één terrestr. kijker . . . . - 90,— ,, - 120,—

Omschrijving van hoekmeetinstrumenten met kijkers.

De cirkelranden zijn veelal in ½ of ⅓ graden verdeeld. Bij de vertikale cirkelranden is de verdeeling doorloopend van 0 tot 360°, in kwadranten van 0—90° of in zenithhafstanden 0—180°; in den regel hebben zij kwadrantaanduiding.

De aflezing geschiedt door:

1. micrometermicroscopen,

bij ± 35 cM middellijn van den rand in den regel ter grootte van 1″ bij directe aflezing.
,, ± 25 ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, 5″ ,, ,, ,,
,, ± 15 ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, 10″ ,, ,, ,,

2. afleesmicroscopen,

bij 10—17 cM cirkelrand met directe aflezing van 1′ en een schatting van 5 à 15″.

3. noniën,

bij ± 20 cM cirkelrand met directe aflezing van 10″
,, ± 15 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 20 à 30″
,, ± 10 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 1′

De kijkers hebben veelal Ramsdenoculairs, orthoskopisch (astronomisch) of terrestrisch, in den regel het eerste; de terrestrische oculairs zijn hooger in prijs. Terrestrische kijkers geven rechte beelden, astronomische kijkers omgekeerde beelden.

Het oculair òf het objectief is uitschuifbaar: het laatste is beter, geeft meer waarborg voor zuiver uitschuiven, betere bescherming en zachten gang, terwijl de binnen den kijker liggende beweegschroef en geleidstang beschut zijn tegen stof.

De brandpuntsafstand van het objectief bedraagt bij de gebruikelijke instrumenten 20—25 mM, met een opening van 23—30 mM.

De vergrooting van den kijker wordt 16—24 maal genomen, terwijl de draagkracht minstens 200 Meter zal moeten bedragen.

Instrumenten voor waterpassen, enz.

Waterpassen van eikenhout met koperen plaat, 25—100 cM lang f 1,75 tot f 3,—

Idem van koper 10—30 cM lang . . . . - 2,— ,, - 5,50

Waterpasslangen voor fleschjeswaterpas van gummislang met

ijzerdraad omwoeld:
prijs compleet, 10 Meter lang . . . . f 27,50
,, ,, 20 ,, ,, ... - 52,50
fleschjes, prijs per stuk . . . . - 2,50

Fleschjeswaterpas van zink met kogelbeweging, prijs compleet met drievoet . . . . - 35,—

Waterpasinstrumenten met kijker:

Gewone waterpasinstrumenten: waterpasinstrumenten met vasten kijker, brandpuntsafstand objectief 250 mM, 26 mM opening, centimeters op 250 M afstand afleesbaar ,prijs compleet met statief en kist . . . . f 150,— tot f 200,—

Idem met kipschroef of omlegbaren draaibaren kijker, compleet . . . . - 200,— ,, - 275,—

Idem met boussole, compleet . . . . - 250,—

Nauwkeurige waterpasinstrumenten:

Instrumenten met vasten kijker, kipschroef, Ramsden oculair, objectief van 285 mM brandpuntsafstand en 30 mM opening; centimeters tot op 300 M afleesbaar, compleet . . - 300,—

Idem met objectief van 430 mM brandpuntsafstand en 40 mM opening; centimeters tot op 600 Meter afleesbaar, compleet . . . . - 350,—

Idem met draaibaren, omlegbaren kijker en reversielibel; objectief van 300 mM brandpuntsafstand en 30 mM opening; compleet . . . . - 375,—

Idem met ruiterlibel, compleet . . . . - 375,—

Idem met kipmicrometerschroef en reversielibel, objectief opening 29 mM en brandpuntsafstand 280 mM, compleet - 370,—

Idem met objectiefopening 40 mM en brandpuntsafstand 440 mM, compleet . . . . - 500,—

Waterpasbaken:

Zelfaflezende waterpasbaken, lang 3 Meter . . . . - 27,—
Idem dichtslaande met scharnier . . . . - 32,50
Idem in- of langs elkaar schuivend . . . . - 30,—

Peilinstrumenten.

Peilstokken van grenenhout, ingebrande verdeeling en looden plomp:
prijzen 3 Meter lang . . . . f 6,—
5 ,, ,, ... - 16,50
8 ,, ,, ... - 27,50
10 ,, ,, ... - 37,—
12 ,, ,, ... - 45,—

Peillijnen met dieplood, lijn 20 M lang met merken bij iederen Meter, compleet f 30,—.

De lijnen van gegalv. staaldraad of gevlochten rood koperdraad en verdeeling met genummerde leertjes.

Dieplooden met doorgaanden bout, wartel en ketting per KG f 1,25.

Peilstangen.

Metalen peilstangen, systeem Köhler vanaf 3 Meter lengte, prijs per Meter f 9,50.

Peilschalen. Geëmailleerd ijzeren peilschalen:
witte cijfers op blauwen grond en 13 cM breed, prijs per Meter . . . f 15,—

Zelfregistreerende peilschalen.

Waterstandsaanwijzers bestaande uit een cylinder met uurwerk voor een week of dag, compleet met roodkoperen vlotter en koord van f 300,— tot f 400,—.

Instrumenten voor het meten van stroomsnelheden.

Molentjes van Woltman van de firma Albert Ott te Kempten:

Molentje met telraderen voor 1000 omwentelingen, compleet met oliekan, schroevendraaier, stang van gaspijp lang 4 M in 2 deelen met grondschijf f 180,—

Idem met electrische signaalinrichting voor 20—25 omwentelingen, ,compleet met stang en grondschijf zonder electrische batterij . . . . f 160,— à f 300,—

Idem met batterij, draad, enz. . . . . f 185,— à - 360,—
Idem voor electrische en mechanische metingen . . . . . . - 400,— à - 500,—

Instrumenten voor het vergrooten of meten van inhouden van figuren of oppervlakken.

Pantografen. Gewone houten pantograaf (perenhout) met koperen draaipunten en hulzen voor stiften voor vergrootingen van $^1/_{10}$—$^1/_2$ prijs f 20,—.

Precisie-pantografen voor omwerking op de schalen $^1/_{20}$—$^4/_5$ f 300,— tot f 450,—.

Planimeters. Poolplanimeters systeem Ott en Conradi van nieuwzilver, verdeeling op wit celluloid, onverstelbaar voor één verhouding ingericht, met compensatie der trommelschuinte, contrôleliniaal, in étui, prijs . . . . f 52,—

Idem met verstelbaren geleidingsarm, verdeeling in ½ mM en verhoudingsstrepen voor verschillende verhoudingen, met naaldpool, contrôleliniaal, in étui, prijs . . . . f 70,— à f 80,—

Extra voor verstelbaren poolarm . . . . - 13,—

Precisie-staafplanimeters, systeem Pregel, in étui . . . . - 37,50

Omschrijving en prijzen van bureau- en teekenbehoeften.

(Prijzen met * voorzien dateeren van vóór den oorlog.)

Teekengereedschap.

Alhidade-transporteurs van nieuwzilver . . . . f 24.— tot f 60,—
Driehoeken gewoon beuken- of perenhout, van gemiddelde grootte, per stuk . . . . f 1,20 tot f 2,—
Graadbogen van nieuwzilver . . . . - 3,— „ - 6,—
Maatlatjes of dubbele palmen gewone . . . . - 1,— „ - 2,—
extra fijne . . . . - 2,50 „ - 7,50
Mallen van peren- of palmhout . . . . - 0,30 „ - 0,75
Passers (haar-, inzet- en verdeelpassers) . . . . - 6,— „ - 10,—
Passerdoozen, eenvoudige complete inrichting . . . . - 40,— „ f 60,—
Planchette's op koperen voet met micrometerwerk, koperen vizierliniaal, boussole, schietlood, libel, compleet met statief . . f 200,— tot f 250,—
Portefeuille's voor teekeningen: van 50 × 70 cM tot 100 × 150 cM leeren rug . . . . f 22,50 tot - 45,—
Radeermessen, per stuk . . . . - 1,80 „ - 2,50
Schaalstokken, 30 cM lang . . . . - 8,— „ - 12,—
Stokpassers met trekpen, potloodstuk en centrumpunt met 0,50 M langen stok in étui, prijs . . . . f 14,—
idem met 1 M langen stok . . . . - 16,50
Teekenborden van 55 × 75 tot 100 × 150 cM . . . . . . f 9,— tot f 44,—
Teekenhaken . . . . - 2,— „ - 7,50
Teekentafels met verstelbaar onderstel, alleen het onderstel (eiken) . . . f 45,—
compleet met teekenbord van 75 × 100 tot 100 × 150 cM . . f 60,— tot f 80,—
verstelbare teekentafels „Perfect" van 80 × 110 cM tot 120 × 170 cM f 135,— „ - 225,—
Trekpennen, prijs per stuk . . . . f 3,—
Veer- en orleonpassers . . . . - 6,— „ - 12,—

Kartonnen kokers			
4 cM doorsnede		50	65 cM lang
	prijs per stuk	f 0,37^5	f 0,55
6½ cM doorsnede		75	100 cM lang
	prijs per stuk	f 0,62^5	f 0,75
8½ cM doorsnede		75	100 cM lang
	prijs per stuk	f 0,75	f 1,—

Pantografen voor het vergrooten, verkleinen en copieeren van teekeningen heeft men in goedkoope soorten van hout en in duurdere meer nauwkeurige (precisie) pantografen. De zg. Kadasterpantograaf van de N. V. Wed. J. Ahrend & Zn kan vergrooten en verkleinen van 1 tot 20 maal, prijs f 37,50. De metalen precisiepantografen kosten f 300 tot f 450,—.

Planimeters (zie bldz. 472 en 754) prijzen f 52,— tot f 80,—.

Rekenmachines.

Telmachine Macco voor het optellen, aftrekken en vermenigvuldigen (Ruys Handelsvereeniging Rotterdam)
model met 8 kolommen toetsen tot het getal 999 999 999 tellende . . . . f 350,—*
idem met 10 kolommen . . . . - 425,—*
„ „ 12 „ . . . . - 500,—*

De Comptometer van de firma Felt en Farrant te Chicago (zie de Natuur 1910, bldz. 44).

Potlooden.

De goede Faberpotlooden worden onderscheiden in 16 hardheidsgraden, loopende van 6 B tot 8 H, nl.

6 B, 5 B, 4 B, 3 B No. 1	2 B, B, HB, F No. 2. No. 3	H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H No. 4 No. 5 No. 6	7 H 8 H
Zeer zachte, diepzwarte teeken- en schetspotlooden	Zachte, zwarte gemiddeldharde potlooden voor teekenen en schrijven, B en HB het meest gebezigd.	Harde en zeer harde potlooden voor lijnteekenen; geven haarfijne, licht uit te vlakken lijnen. H meest bij stenographie gebezigd.	Bijzonder harde potlooden voor lythografisch werk.

Teekenpapieren.

Detail teekenpapier:

Geel Melis detailpapier: Prijs per rol 40 Meter lang en 150 cM breed . f 30,80
„ „ „ 20 „ „ „ 150 „ „ . f 15,60
Geelbruin detailpapier: „ „ „ van 10 KG of 35 Meter . . . . - 31,15
„ „ „ „ 20 „ „ 70 „ . . . . - 62,30

Transparant détailpapier (geschikt voor lichtdrukken).
Prijs per rol van 25 M lang en 150 cM breed . . . . - 9,—
50 „ „ „ 150 „ „ . . . . -17,—

Millimeterpapier:

Groen en bruin, prijs per rol van 10 × 0,75 M . . . . f 7,50

Wit teekenpapier:

Extra fijn papier: Prijs per Meter bij afname van een rol, lang 35 tot 45 Meter en breed 150 cM . . . . - 0,89
Prijs per Meter bij mindere afname . . . . - 0,91
Extra zwaar wit teekenpapier, prijs per rol van 10 Meter . . . . -16,20
Idem „ „ „ „ 25 „ . . . . . - 40,—

Wit teekenpapier op linnen:

Ruw en glad, prijs per rol van 5 × 0,75 M . . . . - 7,50
„ „ „ „ 10 × 1,50 „ . . . . -105,—

Calqueerpapier:

Radeervast en geschikt om met waterverf te worden gekleurd:
Prijs per rol, lang 20 Meter, breed 1,45 M . . . . - 19,—
„ „ „ „ 10 „ „ 1,45 „ . . . . - 10,—
„ „ „ „ 20 „ „ 1,00 „ . . . . - 12,50
„ „ „ „ 10 „ „ 1,00 „ . . . . - 7,—
„ „ „ „ 20 „ „ 0,75 „ . . . . - 8,50
„ „ „ „ 10 „ „ 0,75 „ . . . . - 6,—

Wit doorschijnend detailpapier:

Prijs per rol van 100 Meter, 150 cM breed . . . . f 30,—

Millimeter calqueerpapier:

Prijs per rol van 10 × 0,75 M . . . . - 12,50

Calqueerlinnen:

Engelsch calqueerlinnen, prijs per rol van 20 × 0,75 M . . . . . . f 43,—
„ „ „ „ 20 × 0,96 „ . . . . . . - 49,—
„ „ „ „ 20 × 1,10 „ . . . . . . - 62,—

Het maken van lichtdrukken en drukwerken.

Litteratuur.

H. Spörl. Die Lichtpausverfahren. 4e druk, 1906;
De Natuur 1885, bldz. 376. Het maken van lichtdrukpapier.
,, ,, 1095, bldz. 4. Afdrukken op blauwijzerpapier.

Het maken van lichtdrukken.

Zwarte lijnen op witten grond.

Het gevoelige papier benoodigd voor het maken van lichtdrukken volgens het z.g. ,,inktproces'' met zwarte lijnen op witten grond wordt als volgt geprepareerd:

Goed stevig Steinbach papier wordt geprepareerd bij lamplicht met een mengsel van de volgende oplossingen, die eerst kort vóór het gebruik bij elkaar gevoegd dienen te worden:

Oplossing 1: 1,1 G zwavelzuur ijzeroxydule,
19 G wijnsteenzuur,
20 G ijzerchloride opgelost in 200 cM³ gedestilleerd water.
Oplossing 2; 10 G gelatine opgelost in 100 cM³ gedestilleerd water.

Het prepareeren geschiedt met een daskwast, waarna het papier in donker drogen moet. Men moet het papier tijdens het prepareeren strak opspannen, daar anders de verdeeling ongelijkmatig wordt.

Daar het prepareeren van het gevoelige papier niet zoo gemakkelijk gaat, is het in den handel zijnde papier aan te bevelen.

De teekening moet zijn gemaakt op goed doorschijnend papier of linnen en goed gedekt zijn uitgevoerd. Zij komt in het drukraam met den bewerkten kant naar boven, waarop de gevoelige kant van het lichtdrukpapier gelegd wordt. Het drukraam wordt daarna liefst aan het volle zonlicht blootgesteld. De duur der belichting wordt door eenige oefening bepaald; te korte belichting geeft kleuring van het fond der copie, overbelichting doet de fijnere lijnen verloren gaan. Men belichte zoolang, tot de lijnen zwakgeel op zuiveren witten grond verschijnen.

Hierna wordt het papier gebracht in een ontwikk lingsbad, bestaande uit:
7 G galluszuur
1 G oxaalzuur en 1 L water.

Het ontwikkelen geschiedt het beste in platte houten bakken, welke van binnen bedekt zijn met een laagje parraffine. Bij te groote afmetingen van de teekening doet men beter de copie op een zuiver schoone glasplaat te leggen en den ontwikkelaar met een zachten daskwast gelijkmatig en vlug op te brengen. Na de ontwikkeling wascht men de copie zorgvuldig uit (½ uur in stroomend of in 5 maal ververscht water) en hangt haar dan te drogen.

Tarief voor het maken van Witdrukken op dik papier of Transparantdrukken op dun Transparantpapier van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zn. te Amsterdam. (1918)

Lengte cM	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
Breedte	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
100 cM.	1.80	1.71	1.62	1.53	1.44	1.35	1.26	1.17	1.08	0.99	0.90	0.81	0.72	0.63	0.54	0.45	0.36
90 ,,	1.62	1.54	1.46	1.38	1.30	1.22	1.14	1.05	0.97	0.89	0.81	0.73	0.65	0.57	0.49	0.40	0.32
80 ,,	1.44	1.37	1.30	1.22	1.15	1.08	1.01	0.94	0.86	0.79	0.72	0.65	0.58	0.50	0.43	0.36	0.30
70 ,,	1.26	1.20	1.13	1.07	1.01	0.95	0.88	0.82	0.76	0.69	0.63	0.57	0.50	0.44	0.38	0.32	
60 ,,	1.08	1.03	0.97	0.92	0.86	0.81	0.76	0.70	0.65	0.59	0.54	0.47	0.43	0.38	0.32		
50 ,,	0.90	0.86	0.81	0.77	0.72	0.68	0.63	0.59	0.54	0.50	0.45	0.40	0.36	0.32			
40 ,,	0.72	0.68	0.65	0.61	0.58	0.54	0.50	0.47	0.43	0.40	0.36	0.32					
30 ,,	0.54	0.51	0.49	0.46	0 43	0.40	0.38	0.35	0.32								

In 1920 zijn deze prijzen ongeveer 100% verhoogd.

Tarief voor het maken van witdrukken op lichtdruklinnen. (Linnen lichtdrukken, zwarte lijnen op witten grond), van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zn. te Amsterdam (1918).

Lengte cM	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50
Breedte	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
100 cM	5.—	4.75	4.50	4.25	4.—	3.75	3.50	3.25	3.—	2.75	2.50	2.25	2.—	1.75	1.50	1.25
90 ,,	4.50	4.27^5	4.05	3.80^5	3.60	3.37^5	3.15	2.92^5	2.70	2.47^5	2.25	2.02^5	1.80	1.57^5	1.35	1.12^5
80 ,,	4.—	3.80	3.60	3.40	3.20	3.—	2.80	2.60	2.40	2.20	2.—	1.80	1.60	1.40	1.20	1.—
70 ,,	3.50	3.32^5	3.15	2.97^5	2.80	2.62^5	2.45	2.27^5	2.10	1.92^5	1.75	1.57^5	1.40	1.22^5	1.05	0.87
60 ,,	3.—	2.85	2.70	2.55	2.40	2.25	2.10	1.95	1.80	1.65	1.50	1.35	1.20	1.05	0.90	0.75^5
50 ,,	2.50	2.37^5	2.25	2.12^5	2.—	1.87^5	1.75	1.62^5	1.50	1.37^5	1.25	1.12^5	1.—	0.87^5	0.75	
40 ,,	2.—	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1 —	0.90	0.80			
30 ,,	1.50	1.42^5	1.35	1.27^5	1.20	1.12^5	1.05	0.97^5	0.90	0.82^5	0.75					

Witte lijnen op blauwen grond, z.g. blauwdrukken.

Men mengt de volgende afzonderlijk bewaarde oplossingen:

a. een oplossing van 15 deelen citroenzuur-ijzeroxyde-ammoniak in 60 deelen water en

b. een oplossing van 8 deelen roodbloedloogzout in 40 deelen water.

Dit mengsel, dat tegen licht moet worden beschut, wordt over het papier gestreken, dat na 5 tot 7 minuten drogen voor het gebruik geschikt is. Met den bestreken kant boven, onder de calque gelegd, wordt deze voldoende lang aan het zonlicht blootgelegd, waarna de lichtdruk in een bak met water wordt uitgewasschen.

Voor snelle copie neme men de oplossingen als volgt:

a. 25 gram citroenzure-ijzeroxyd-ammoniak op 60 cM^3 water,

b. 9 gram roodlboedloogzout op 60 deelen water.

Men fixeert weer in gewoon water, maar brengt den gewasschen druk daarna direct in water, waaraan eenige druppels zoutzuur zijn toegevoegd. Het bereide papier behoeft slechts ½ tot ¾ minuut te drogen.

Tarief voor het maken van blauwdrukken op dik of dun lichtdrukpapier, van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon te Amsterdam (1918).

Lengte cM	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50
Breedte	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
100 cM	1.20	1.14	1.08	1.02	0.96	0.90	0.84	0.78	0.72	0.66	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.30
90 ,,	1.08	1.03	0.97	0.92	0.88	0.81	0.76	0.70	0.65	0.59	0.54	0.49	0.43	0.38	0.32	0.27
80 ,,	0.96	0.91	0.86	0.82	0.76	0.72	0.67	0.62	0.58	0.53	0.48	0.43	0.38	0.34	0.29	0.24
70 ,,	0.84	0.80	0.76	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.29	0.25	0.21
60 ,,	0.72	0.68	0.65	0.61	0.58	0.54	0.50	0.47	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18
50 ,,	0 60	0 57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15
40 ,,	0.48	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	
30 ,,	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15			

In 1920 waren deze prijzen ongeveer 50 % verhoogd.

Tarief voor het maken van blauwdrukken op lichtdruklinnen van de N.V. Wed. J. Arend & Zoon te Amsterdam. (Linnen lichtdrukken, witte lijnen op blauwen grond. 1918)

Lengte cM	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
Breedte	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
100 cM	3.—	2.85	2.70	2.55	2.40	2.25	2.10	1 95	1.80	1.65	1.50	1.35	1.20	1.05	0.90	0.75	0.60
90 ,,	2.70	2.57	2.43	2.30	2.16	2.03	1.89	1.76	1.62	1.49	1.35	1.22	1.08	0.95	0.81	0.68	0.54
80 ,,	2.40	2.28	2.16	2.04	1.92	1.80	1.68	1.56	1.44	1.32	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60	
70 ,,	2.10	2.—	1.89	1.79	1.68	1.58	1.47	1.37	1.26	1.16	1.05	0.95	0.84	0.74	0.63	0.53	
60 ,,	1.80	1.71	1.62	1.53	1.44	1.35	1.26	1.17	1.08	0.99	0.90	0.81	0.72	0.63	0.54		
50 ,,	1.50	1.43	1.35	1.28	1.20	1.13	1 05	0.98	0.90	0.83	0.75	0.68	0.60	0.53			
40 ,,	1.20	1.14	1.08	1.02	0.96	0.90	0.84	0.78	0.72	0.66	0.60	0.54					
30 ,,	0.90	0.86	0.81	0.77	0.72	0.68	0.63	0.59	0.54	0.50							

Blauwe lijnen op witten grond.

Men lost afzonderlijk op:

a. 40 gram gom in 200 cM^3 water.

b. 25 gram citroenzuur-ijzeroxyde-ammoniak in 50 cM^3 water.

c. 25 ijzer (ferri) chloride (gekristalliseerd) in 50 cM^3 water en menge deze drie oplossingen in de volgende verhouding:

a. 20 cM^3
b. 8 ,,
c. 5 ,,

welk mengsel goed door elkaar geschud met een kwast of spons op het papier wordt gestreken. Nadat het papier goed droog is, belicht men in het zonlicht 2 à 3 minuten of 5 à 6 minuten in bewolkte lucht, waarna men den afdruk fixeert in een oplossing van

25 gram geelbloedloogzout en 125 cM^3 water

net zoo lang, totdat de lijnen donkerblauw voor den dag treden, waarna de teekening in water wordt afgespoeld tot de grijsblauwe gloed er af is, welke met een spons wordt afgewasschen. Daarna wordt de teekening met een kwast bestreken met een zoutzuuroplossing van 25 cM^3 zoutzuur op 250 cM^3 water, tot het papier helder wit wordt en de teekening helder blauw verschijnt, waarna goed in water moet worden afgespoeld en gedroogd.

Witte lijnen op bruinen grond

z.g. „Sepiadrukken", van de firma Wed. J. Ahrend & Zoon te Amsterdam.

De „Sepiadrukken" worden op *zeer dun* papier gemaakt en bijna uitsluitend gebruikt als calques. Het is namelijk mogelijk van een Sepiadruk snel en gemakkelijk een positieven lichtdruk, blauwe lijnen op witten grond te maken. Tot dit doel gebruikt men den Sepiadruk als calque op gewoon lichtdrukpapier en bekomt dan zeer fraaie afdrukken blauwe lijnen op witten grond, dus „*positieve*" lichtdrukken.

Tarief voor het maken van lichtdrukken, witte lijnen op bruinen grond z.g. „Sepiadrukken". (1918)

Lengte cM	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50
Breedte	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
100 cM	1.60	1.52	1.44	1.36	1.28	1.20	1.12	1.04	0.96	0.88	0.80	0.72	0.64	0.56	0.48	0.40
90 ,,	1.44	1.37	1.30	1.23	1.15	1.08	1.01	0.94	0.87	0.79	0.72	0.65	0.58	0.50	0.43	0.36
80 ,,	1.28	1.22	1.15	1.09	1.03	0.96	0.90	0.83	0.77	0.71	0.64	0.58	0.51	0.45	0.38	0.32
70 ,,	1.12	1.07	1.01	0.95	0.90	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.50	0.45	0.39	0.34	0.28
60 ,,	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72	0.67	0.62	0.58	0.53	0.48	0.43	0.38	0.34	0.29	
50 ,,	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64	0.60	0.56	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28		
40 ,,	0.64	0.61	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26			
30 ,,	0.48	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.31	0.29	0.26	0.24					

Anilinedruk (zie Fotogr. zakboek van Dr. E. Vogel).

De anilinedruk geeft bij geringe oefening de beste resultaten en is veel gevoeliger dan de meeste andere procédé's.

Men krijgt van een positieve teekening dadelijk weder een positief. Daar het papier slechts korten tijd goed kan blijven, moet men het zelf prepareeren. De aniline zelf bederft absoluut niet.

Het prepareeren geschiedt met de volgende gevoelig makende oplossing:

10 gr. kaliumbichromaat.
100 cM^3 phosphorzuuroplossing (1,124 s. g.)
100 cM^3 gedestilleerd water.

De oplossing is niet aan bederf onderhevig. Het prepareeren van het papier geschiedt op de gewone wijze bij lamplicht of gedempt daglicht. Men droogt het papier in het donker en copieert onder de teekening, totdat de zwarte lijnen der teekening lichtgeel of groenachtig op een witten grond verschijnen.

Men kan ook de volgende oplossing van *Weissenberger* gebruiken voor het prepareeren van het papier nl.:

3 gr. kaliumbichromaat.
8 ,, zure phosphorzure natron.
3 ,, magnesiumchloride.
40 cM^3 gedestilleerd water.

Na voldoende inwerking brengt men de copie in de rookkist, d.i. een groote houten, blikken of bordpapieren kist.

Aan den binnenkant van het deksel bevestigt men een stuk flanel, dat met water bevochtigd is, benevens een tweede stuk flanel, waarop men eenige cM^3 van de volgende anilineoplossing giet:

10 cM^3 anilineolie.
160 cM^3 benzine.

Er mag niets op de copie vallen, daar er anders vlekken ontstaan. Na 5 tot 10 minuten worden de gele lijnen sterk donker blauw-groen gekleurd; dan wascht men de copie even en droogt haar daarna. Baadt men de copie in verdunden ammoniak, dan wordt de donkergroene kleur violet. Kleurt de ondergrond van het papier bij het berooken, dan is te kort belicht; bij te lange belichting komen de fijne lijnen niet te voorschijn. Voor de ontwikkeling van de anilineolie is vochtigheid een bepaalde eisch, daarom moet voor het berooken, het flanel in het deksel steeds vochtig worden gehouden. Is de lucht in de kist te droog dan wordt er geen beeld ontwikkeld. Men moet fotografisch ruw papier bezigen of teekenpapier, waarin geen hout aanwezig is.

Wanneer het hout bevat, wordt het bij het bewerken dikwijls geelachtig gekleurd.

Neodruk

van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon te Amsterdam.

Volgens dit procédé worden de neodrukken vervaardigd niet alleen van calques, d.w.z. van teekeningen, welke op calqueerpapier of calqueerlinnen zijn gemaakt, doch ook van teekeningen. welke op wit teekenpapier of op transparant detailpapier zijn geteekend. Het is echter noodzakelijk, dat de teekeningen met zwarten, goed dekkenden O.-I. inkt zijn geteekend. Ook van in zwart gedrukte kaarten en teekeningen zijn reproducties in neodruk te maken, mits de achterkant niet is bedrukt of beschreven en ze niet op linnen zijn geplakt.

Het is mogelijk gedeelten van een teekening, welke men niet gereproduceerd wenscht te zien, *weg te laten*, andere teekeningen of gedeelten daarvan *bij te voegen*, enz. enz.

Ook afdrukken in meerdere kleuren kunnen worden gemaakt, maar zijn hooger in prijs. De te reproduceeren teekening wordt op een drukplaat gecopiëerd, waarop steeds nog correcties of veranderingen zijn aan te brengen. De platen worden zekeren tijd bewaard alvorens afgeslepen te worden. Voor een oplaag van 10 stuks en daarboven is het een voordeelig reproductiesysteem.

Tarief voor het maken van neodrukken in één kleur op wit, sterk, houtvrij papier van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon, Amsterdam. (1918)

Bij afname van:	10	15	20	30 stuks	Elke 10 stuks meer.
50 × 60 cM	f 6.—	f 7.05	f 8.05	f 9.05	f 1.—
50 × 70 ,,	- 6.90	- 8.05	- 9.20	- 10.35	- 1.15
50 × 80 ,,	- 7.75	- 9.05	- 10.35	- 11.65	- 1.30
50 × 90 ,,	- 8.60	- 10.05	- 11.50	- 12.95	- 1.45
50 × 100 ,,	- 9.45	- 11.05	- 12.65	- 14.25	- 1.60
50 × 110 ,,	- 10.35	- 12.05	- 13.80	- 15.55	- 1.75
50 × 120 ,,	- 11.20	- 13.05	- 14.95	- 16.85	- 1.90
50 × 130 ,,	- 12.05	- 14.05	- 16.10	- 18.15	- 2.05
50 × 140 ,,	- 12.90	- 15.05	- 17.25	- 19.45	- 2.20
50 × 150 ,,	- 13.80	- 16.05	- 18.40	- 20.75	- 2.35
60 × 60 ,,	- 6.50	- 7.60	- 8.60	- 9.60	- 1.10
60 × 70 ,,	- 7.35	- 8.90	- 9.75	- 10.90	- 1,25
60 × 80 ,,	- 8.20	- 9.60	- 10.90	- 12.20	- 1.40
60 × 90 ,,	- 9.10	- 10.60	- 12.05	- 13.50	- 1.55
60 × 100 ,,	- 9.95	- 11.60	- 13.20	- 14.80	- 1.75
60 × 110 ,,	- 10.80	- 12.65	- 14.35	- 16.05	- 1.85
60 × 120 ,,	- 11.65	- 13.70	- 15.50	- 17.30	- 2.—
60 × 130 ,,	- 12.50	- 14.70	- 16.65	- 18.60	- 2.15
60 × 140 ,,	- 13.45	- 15.70	- 17.80	- 19.90	- 2.30
60 × 150 ,,	- 14.25	- 16.70	- 18.95	- 21.20	- 2.45

Bij afname van	10	15	20	30 stuks	Elke 10 stuks meer.
70 × 70 ,,	f 8.60	f 10.05	f 11.50	f 12.95	f 1.45
70 × 80 ,,	- 9.45	- 11.05	- 12.65	- 14.25	- 1.60
70 × 90 ,,	- 10.35	- 12.05	- 13.80	- 15.55	- 1.75
70 × 100 ,,	- 11.20	- 13.10	- 14.95	- 16.80	- 1.85
70 × 110 ,,	- 12.05	- 14.10	- 16.10	- 18.10	- 2.—
70 × 120 ,,	- 12.90	- 15.10	- 17.25	- 19.40	- 2.15
70 × 130 ,,	- 13.80	- 16.10	- 18.40	- 20.70	- 2.30
70 × 140 ,,	- 14.65	- 17.15	- 19.55	- 21.95	- 2.40
70 × 150 ,,	- 15.50	- 18.15	- 20.70	- 23.25	- 2.55

In 1920 waren deze prijzen 35 tot 75 % verhoogd.

Plandruk.

Dit procédé kan worden toegepast voor het verveelvoudigen van teekeningen, waarvan slechts één of eenige tot b.v. 10 reproducties worden verlangd. Het is een zg. droog procédé zonder eenige vloeistof, waardoor de afdrukken absoluut gelijk blijven aan het origineel; ook in uiterlijk zijn zij gelijk aan origineele in O. I. inkt gezette teekeningen. Plandrukken kunnen niet alleen worden gemaakt van calques maar ook van teekeningen op wit teekenpapier, welke evenwel met goed dekkenden O.I.inkt moeten zijn bewerkt en niet gekleurd mogen zijn. Het is mogelijk een gedeelte der teekening weg te laten of door een andere teekening te vervangen of met andere teekening samen te voegen. Ook van gedrukte teekeningen of kaarten, mits aan de rugzijde niet bedrukt of beschreven, zijn plandrukken te maken. Van op wit teekenpapier met goeden O. I. inkt bewerkte teekeningen zijn verder calques te maken door de plandrukken òf op calqueerpapier òf op calqueerlinnen te drukken.

Tarief voor het maken van plandrukken van de N. V. Wed. J. Ahrend & Zoon te Amsterdam (1918).

Grootte der teekeningen	Rubriek I Op wit, matglad teekenpapier; op transparant-detailpapier of op calqueerpapier		Rubriek II Op wit, dik lompen-teekenpapier No. 308 of op wit druklinnen		Rubriek III Op calqueerlinnen		Rubriek IV Op wit teekenpapier op linnen (z.g. Papier sur Toile)	
	Eén afdruk	Elke volgende afdruk.	Eén afdruk	Elke volgende afdruk	Eén afdruk	Elke volgende afdruk	Eén afdruk	Elke volgende afdruk
50 × 60 cM	f 2,10	f 1,30	f 2,45	f 1,60	f 2,55	f 1,80	f 3,—	f 2,25
50 × 70 ,,	2,25	1,35	2,60	1,75	2,70	1,90	3,20	2,35
50 × 80 ,,	2,35	1,45	2,75	1,85	2,85	2,—	3,30	2,50
50 × 90 ,,	2,50	1,50	2,90	1,95	3,—	2,15	3,50	2,65
50 × 100 ,,	2,60	1,60	3,05	2,05	3,20	2,25	3,70	2,80
50 × 110 ,,	2,75	1,70	3,20	2,15	3,30	2,35	3,85	2,95
50 × 120 ,,	2,85	1,75	3,30	2,20	3,45	2,45	4,05	3,05
50 × 130 ,,	3,—	1,80	3,45	2,30	3,60	2,55	4,20	3,20
50 × 140 ,,	3,10	1,90	3,60	2,40	3,75	2,65	4,35	3,30
50 × 150 ,,	3,25	1,95	3,75	2,50	3,95	2,75	4,55	3,45
60 × 60 ,,	2,25	1,35	2,65	1,75	2,70	1,85	3,20	2,40
60 × 70 ,,	2,35	1,45	2,75	1,85	2,85	2,—	3,30	2,50
60 × 80 ,,	2,50	1,50	2,90	1,95	3,—	2,15	3,50	2,65
60 × 90 ,,	2,60	1,60	3,05	2,05	3,15	2,25	3,70	2,80
60 × 100 ,,	2,75	1,70	3,20	2,10	3,30	2,30	3,85	2,95
60 × 110 ,,	2,90	1,75	3,30	2,20	3,45	2,45	4,05	3,05
60 × 120 ,,	3,—	1,80	3,45	2,30	3,60	2,55	4,20	3,20

Tarief voor het maken van plandrukken van de N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon te Amsterdam. (Vervolg).

Grootte der teekeningen	Rubriek I		Rubriek II		Rubriek III		Rubriek IV	
	Op wit, matglad teekenpapier; op transparant-detailpapier of op calqueerpapier		Op wit, dik lompen-teekenpapier No. 308 of op wit druklinnen		Op calqueerlinnen		Op wit teekenpapier op linnen (z.g. Papier sur Toile)	
	Eén afdruk	Elke volgende afdruk	Eén afdruk	Elke volgende afdruk	Eén afdruk	Elke volgende afdruk	Eén afdruk	Elke volgende afdruk
60 × 130 cM	3,15	1,90	3,60	2,40	3,75	2,65	4,35	3,30
60 × 140 ,,	3,25	1,95	3,75	2,50	3,90	2,75	4,55	3,45
60 × 150 ,,	3,35	2,—	3,85	2,60	4,05	2,90	4,75	3,55
70 × 70 ,,	2,50	1,50	2,85	1,95	3,—	2,10	3,50	2,60
70 × 80 ,,	2,65	1,60	3,10	2,05	3,25	2,30	3,75	2,80
70 × 90 ,,	2,85	1,75	3,30	2,20	3,45	2,45	4,05	3,05
70 × 100 ,,	3,05	1,85	3,55	2,35	3,70	2,55	4,30	3,25
70 × 110 ,,	3,25	2,—	3,75	2,50	3,95	2,75	4,55	3,45
70 × 120 ,,	3,45	2,10	4,—	2,70	4,10	2,90	4,80	3,65
70 × 130 ,,	3,65	2,20	4,20	2,85	4,35	3,05	5,05	3,80
70 × 140 ,,	3,80	2,30	4,40	3,—	4,55	3,20	5,35	4,05
70 × 150 ,,	4,—	2,45	4,60	3,15	4,80	3,40	5,60	4,25
80 × 80 ,,	2,75	1,70	3,20	2,10	3,25	2,35	3,85	2,95
80 × 90 ,,	3,—	1,80	3,45	2,30	3,60	2,55	4,20	3,20
80 × 100 ,,	3,25	1,95	3,75	2,50	3,95	2,75	4,55	3,45
80 × 110 ,,	3,50	2,10	4,05	2,70	4,20	2,95	4,90	3,70
80 × 120 ,,	3,75	2,25	4,30	2,90	4,50	3,20	5,25	3,95
80 × 130 ,,	4,—	2,40	4,60	3,10	4,80	3,35	5,60	4,25
80 × 140 ,,	4,25	2,55	4,90	3,25	5,10	3,55	5,95	4,50
80 × 150 ,,	4,50	2,70	5,20	3,45	5,35	3,80	6,30	4,75
90 × 90 ,,	3,10	1,90	3,65	2,45	3,75	2,65	4,35	3,30
90 × 100 ,,	3,40	2,05	3,90	2,60	4,05	2,90	4,75	3,55
90 × 110 ,,	3,65	2,20	4,20	2,80	4,35	3,05	5,05	3,80
90 × 120 ,,	3,85	2,35	4,50	3,—	4,70	3,30	5,40	4,10
90 × 130 ,,	4,10	2,50	4,75	3,20	4,95	3,50	5,80	4,35
90 × 140 ,,	4,35	2,65	5,05	3,35	5,25	3,70	6,15	4,60
90 × 150 ,,	4,60	2,80	5,30	3,55	5,55	3,85	6,50	4,95
100 × 100 ,,	3,75	2,25	4,30	2,85	4,50	3,20	5,25	3,95
100 × 110 ,,	4,15	2,50	4,75	3,15	4,95	3,50	5,80	4,35
100 × 120 ,,	4,50	2,70	5,20	3,45	5,45	3,80	6,30	4,75
100 × 130 ,,	4,85	2,95	5,60	3,75	5,85	4,25	6,85	5,20
100 × 140 ,,	5,25	3,15	6,05	4,05	6,30	4,45	7,35	5,55
100 × 150 ,,	5,60	3,35	6,50	4,35	6,75	4,75	7,90	5,95

In 1920 waren deze prijzen 110 à 200 % verhoogd.

Prijzen van lichtdrukpapieren. (1918)

Negatief lichtdrukpapier, *wit op blauwen grond:*

dun, prijs per rol lang 10 Meter, breed 0,75 M . . . . f 2,40
,, ,, ,, ,, 10 ,, ,, 1,00 ,, ... - 3,—
dik, ,, ,, ,, ,, 10 ,, ,, 0,75 ,, ... - 3,20
,, ,, ,, ,, 10 ,, ,, 1,— ,, ... - 3,80
lichtdruklinnen, wit op blauwen grond, prijs per rol van 10 × 0,75 M . - 30,—
,, ,, ,, ,, 10 × 1,00 M . - 40,—

Positief lichtdrukpapier, *zwarte lijnen op witten grond:*
prijs per rol lang 10 Meter, breed 0,75 M . . . . f 5,50
,, ,, ,, ,, 10 ,, ,, 1,00 ,, ... - 7,20
extra dik, f 7,20 en f 9,60.
lichtdruklinnen, *zwarte lijnen op witten grond:*
prijs per rol van 10 × 0,75 M . . . . - 34,—
,, ,, ,, ,, 10 × 1,00 ,, ... - 45,—

Corrigeeren van lichtdrukken.

Negatieve blauwdrukken kunnen worden gecorrigeerd met behulp van een soda-oplossing, waaraan wat Arabische gom moet worden toegevoegd om het uitvloeien te voorkomen.

Positieve zwarte lichtdrukken worden gecorrigeerd met een oplossing van wijnsteenzuur.

Overbelichte afdrukken door zonlicht kan men herstellen door ze na de belichting niet direct in het bad te stoppen, maar eerst enkele uren in een donkere kamer of kast te leggen (de tijd naar gelang van de overbelichting tot de lijnen weer duidelijk zichtbaar zijn en den gelen toon hebben).

Lichtdruktoestellen.

Cilinder lichtdrukapparaten voor electrische belichting, f 1000,— en meer. Eenvoudiger apparaten voor gewoon daglicht:

Systeem ,,Arcus" met gebogen ruit, tentdoekspaninrichting, compleet met verplaatsbaar onderstel, oppervlak 55 × 80 cM tot 100 × 150 cM f 90,— tot f 250,—.

Vlakke ramen met druklampen, vilt en spiegelruit:

oppervlak	55 × 76	76 × 105	90 × 120	100 × 150 cM
prijs	f 60,—	f 97,50	f 135,—	f 190,—
prijs onderstel (bok)	- 48,—	- 50,—	- 52,50	- 60,—

Hectographen- of vermenigvuldigapparaten.

Hecto-apparaat ,,Victor", droge behandeling, compleet: . . . . f 9,50
Schapirograaf in doos met toebehooren, compleet:
groot 22 × 33 cM . . . . . f 12,—
,, 40 × 50 ,, ... - 27,—
,, 52 × 60 ,, ... - 33,—

Van de klei- of liever kaolien-hectograaf is de samenstelling als volgt:

100 gram	gelatine	375 gram	water
375 ,,	glycerine	50 ,,	kaolien.

De gelatine wordt opgelost in het bijna kokende water, waaraan dan de glycerine en de kaolien wordt toegevoegd. De geheele massa moet goed heet zijn, maar mag niet koken. Men giet uit op een platten bak en schuimt goed af. Voor kaolien kan men ook zwavelzure barium nemen.

Drukwerken.

Het drukken van bestekken kost (in 1920) ongeveer f 75,— per vel (16 bldz.) octavoformaat of evenveel per vel (4bldz.) folioformaat.

Typewerk.

Kwartoformaat	gr.	regelafstand per brief	f 0,20
,,	kl.	,,	- 0,30
Folioformaat	gr.	,,	- 0,25
,,	kl.	,,	- 0,35

Carbon-doorslagen 20 ct.
Papier anderhalve cent per vel.

Arbeid van menschen en dieren.

De arbeid, welken een mensch kan verrichten, hangt af van de soort werk. Er bestaat namelijk geen standvastige verhouding tusschen het aantal kilogrammeters arbeidsvermogen door een man per dag verricht en den vermoeid makenden invloed van den arbeid. Bij sommige soorten werk is men al vermoeid na misschien niet meer dan $^1/_8$ PK verricht te hebben, terwijl bij ander werk de vermoeidheid na het verrichten van ½ PK niet grooter is. Voor elk soort werk kan een man slechts een bepaald percentage van den dag belast zijn. Zoo kan een flinke arbeider bij het versjouwen van gietelingen van 45 KG slechts 43 % van den dag en bij die van het halve gewicht of 22½ KG 58 % van den dag daarmede bezig zijn, zoodat in het laatste geval de rust veel minder kan bedragen.

Een flinke grondwerker doet zijn grootste dagwerk, wanneer de vracht per schop als gemiddelde ongeveer 9½ KG bedraagt; men doet daarom goed bij verschillend materiaal verschillende soorten schoppen te bezigen, waarbij het genoemde cijfer van het gemiddelde gewicht van de vracht wordt bereikt.

Dezelfde regel geldt voor het gebruik van andere werktuigen.

Hoeveelheid arbeid, welke door menschen en dieren bij verschillende werkzaamheden kan worden verricht.

SOORT VAN ARBEID	Geheven gewicht of uitgeoefende druk. KG	Snelheid of afgelegde weg per sec. in Meter	Arbeid p. secunde in KGM	Hoeveelheid arbeid per uur in KGM
Man loopende zonder uitwendige lasten, waarbij de arbeid bestaat in periodieke heffing van het zwaartepunt (hoogstens 3,2 cM per stap) bij 65 KG gewicht: per stap 0,032 × 65 = 2,08 KGM of bij een snelheid van 1,3 M per secunde en een staplengte van 0,80 M: $\frac{1,30}{0,80} \times 2,08 = 3,38$ per sec. of per uur 12 168 KGM	65	1,3	3,38	12 168
In het algemeen kan men stellen, dat de arbeid bij het loopen inclusief spierarbeid bedraagt $Q \times G$ waarin Q een coëfficiënt liggende tusschen $^1/_{18}$ en $^1/_{22}$ of gemiddeld $^1/_{20}$ en G het eigengewicht met of zonder last				
Man zonder last een zachte helling of trap beklimmende, waarbij zijn arbeid bestaat in de opheffing van zijn eigen lichaam .	65	0,15	9,75	35 100
Arbeid met lasten.				
Arbeider trekkende aan een touw om lasten op te hijschen, waarbij het touw telkens onbezwaard wordt neergelaten	18	0,20	3,60	12 960
Arbeider gewichten met de hand opheffende	20	0,17	3,40	12 240

SOORT VAN ARBEID	Geheven gewicht of uitgeoefende druk KG	Snelheid of afgelegde weg per sec. in Meter	Arbeid p. secunde in KGM	Hoeveelheid arbeid per uur in KGM
Arbeider lasten op den rug dragende langs een trap of flauwe helling en ledig terugkomende	65	0,04	2,60	9 360
Arbeider lasten vervoerende met een kruiwagen langs een helling van $^1/_{12}$ en onbelast terugkeerende	60	0,20	8,35	30 060
Arbeider met een schop grond opheffende tot een gemiddelde hoogte van 160 cM .	2,7	0,40	1,08	3 888
Arbeider aan een hefboom	5	1,10	5,50	19 800
Arbeider voortgaande en horizontaal duwende of trekkende	12	0,60	7,2	25 920
Arbeid met werktuigen.				
Reeds *Coriolis* merkte op, dat een mensch met de beenspieren meer arbeid kan verrichten dan met de armspieren bij dezelfde vermoeidheid in de onderstelling, dat de snelheid overeenkomt met die bij het loopen				
Arbeider zittende en met de voeten duwende tegen de spaken van een liggende schijf	12	0,70	8,4	30 240
bij verticale raderen meer.				
Arbeider aan blaasbalg in vertikale richting trekkende	5	1,10	5,5	19 800
Arbeider aan een kruk werkende volgens *Navier*	8	0,75	6,0*)	21 600
,, ,, ,, kaapstander	12	0,60	7,2	25 920
,, ,, ,, spil.	10	0,80	8,0	28 800
,, ,, ,, handhei	14	0,45	6,3	22 680
,, ,, ,, haspeltouw	25	0,30	7,5	27 000
,, ,, ,, scheprad	6,4	1,25	9,6	34 560
,, ,, ,, handpomp	6	0,75	4,5	16 200
Geoefend arbeider afwisselend duwend en trekkend in vertikale richting	10	0,45	4,5	16 200
Arbeider lasten vervoerende in een handkar met twee wielen en onbelast terugkomende	100	0,50	50	180 000
Arbeider materialen vervoerende in een kruiwagen en onbelast terugkomende .	60	0,50	30	108 000
Arbeider materialen op den rug vervoerende en onbelast terugkomende . . .	65	0,50	32,5	117 000
Arbeider met een schop grond wegwerpende op gemiddelde 4 M horizontalen afstand .	2,7	0,68	1,8	6 480
Man in een tredmolen loopende			9,5	—
Man aan den hefboom van een brandspuit, gemiddeld			27	97 200

* Volgens *Nystrom* 6,9 KGM per sec.; volgens Rühman 7,19 KG bij 1,02 M snelheid. Volgens *Weisbach* kan voor enkele secunden gerekend worden op maximum 25 KG druk, met 1 M snelheid per secunde.

SOORT VAN ARBEID	Geheven gewicht of uitgeoefende druk KG	Snelheid of a'gelegde weg per sec. in Meter	Arbeid p. secunde in KGM	Hoeveelheid arbeid per uur in KGM
(bij een arbeidstijd van 2 minuten ongeveer 37 KGM per sec. of ½ PK).				
Paard voor een gewoon rijtuig stappende	70	0,90	63	216 800
,, in paardenmolen stappende . . .	45	0,90	40,5	145 800
Os ,, ,, ...	65	0,60	39	140 400
Paard voor een rijtuig dravende	44	2,20	97	349 200
,, op den rug belast stappende . .	120	1,10	132	475 200
,, ,, ,, ,, ,, dravende . . .	80	2,20	176	633 600
Muilezel aan een windas	30	0,9	27	97 200
Ezel ,, ,, ,, ...	14	0,8	11,2	40 320

Als het gemiddelde van bovengenoemde resultaten kan men het gemiddelde dagelijksche werk van een arbeider stellen op $^1/_{10}$ PK of bij 8-urigen werkdag een hoeveelheid arbeid van 216 000 KGM.

Volgens *Rzika* is het gemiddeld nuttig effect van verschillende werkzaamheden van arbeiders van middelmatige kracht (65—80 KG zwaar) bij 12 uur werken met schaften, dus in ongeveer 10 uur werkelijken arbeidstijd

$$N = \frac{1}{21} \text{ PK (of ongeveer 3,6 KGM per sec.)},$$

dat is een dagelijksche hoeveelheid arbeid van 128 570 KGM.

Neemt men het vermogen van $^1/_{10}$ PK bij 8-urigen werkdag aan, dan is de dagelijks verrichte arbeid gelijkwaardig met $\frac{216\,000}{425} = 508$ calorieën.

Is het gemiddelde warmteverlies in denzelfden tijd 800 calorieën (100 cal. per uur), dan is het energieverlies ongeveer 1300 calorieën. Het per dag opgenomen voedsel vertegenwoordigt ongeveer een warmtewaarde van 3000 calorieën; zoodat het nuttig effect van een arbeider bedraagt: $\frac{1300}{3000} = \frac{1}{2,3}$ of 43,3 % en het mechanisch rendement $\frac{500}{3000} = \frac{1}{6}$ of 16,6 %.

Gemiddelde kracht in kilogrammen, welke een man gedurende korten tijd met verschillende werktuigen kan uitoefenen:

haalmes	45 KG
tweehandige steekboor	45 ,,
drilboor in vertikale richting	33 ,,
moerschroefsleutel	38 ,,
bankschroef aan den sleutel werkende	33 ,,
kruk	30 ,,
nijptang of tang door druk	27 ,,
handschaaf	23 ,,
handschroef	20 ,,
handzaag	16 ,,
handboor	7 ,,
kleine schroevendraaier door draaiing met duim en vingers	6 ,,

Trekkracht. (Zie ook blz. 413).

Trekken van vrachtwagens.

1 ton wagengewicht vereischt een trekkracht van ongeveer
10 KG op werkspoor,
30 ,, ,, verharde wegen,
100 ,, ,, veldwegen.

Stelt men de kracht van een arbeider bij een snelheid van 1 Meter op 12 KG en die van een paard bij 1,10 M snelheid op 70 KG, dan kan op een horizontaal terrein worden voortbewogen

op werkspoor	door een arbeider	1200 KG,	door een paard	7000 KG.
,, verharde wegen	,, ,, ,,	400 ,,	,, ,, ,,	2330 ,,
,, veldwegen	,, ,, ,,	120 ,,	,, ,, ,,	700 ,,

De maximum trekkracht, welke een paard voor korten tijd kan uitoefenen (voor veldgeschut, enz.), is 350 KG; veelal rekent men op een gemiddelde kracht van $^1/_5$ van zijn gewicht, dat 300 tot 600 KG bedraagt. Bij meerdere in een span loopende paarden wordt de trekkracht van elk verminderd en bedraagt het nuttig effect voor elk paard

bij 2 paarden ongeveer 95 %;	bij 5 paarden ongeveer 70 %
,, 3 ,, ,, 85 %;	,, 8 ,, ,, 50 %.
,, 4 ,, ,, 80 %	

Een paard legt ongeveer 75 M per minuut en 4500 M in een uur af.

Benoodigde arbeid voor het vervoeren van transporten.

Volgens Prof. Dr. Marcuse in de Deutsche Luftfahrer-Zeitung 1914 is het verbruik aan arbeidsvermogen

voor een vrachtboot (stoom)	0,012 PK-uur per ton KM.
,, ,, passagiersboot ,,	0,04 ,, ,, ,, ,, ,,
,, ,, goederenwagen	0,02 ,, ,, ,, ,, ,,
,, ,, motorvrachtwagen	0,5 ,, ,, ,, ,, ,,
,, ,, luchtschip (stijf systeem)	1,63 ,, ,, ,, ,, ,,
,, ,, vliegmachine	6,25 ,, ,, ,, ,, ,,

Grondwerken, transport.

Litteratuur.

J. E. de Meyier.	Grondtransport in Ned.-Indië, Tijdschrift van het Kon. Inst. v. Ingenieurs in Ned.-Indië 1877—78, blz. 40.
M. Buhle.	Massentransport. 1908 D. Verlags Anst.
Fr. Eikemeyer.	Das Massen-Nivellement und dessen praktischer Gebrauch. 1870.
A. Goering.	Massenermittelung, Massenverteilung und Transportkosten bei Erdarbeiten. 5e dr. '07 Seydel—Berlijn.
R. Schütz.	Beiträge zur zeichnerischen Massenermittlung, Massenverteilung und Förderkostenbestimmung der Erdarbeiten. Zeitschrift f. Bauwesen 1908 bldz. 426.

Bij grondwerken zie men den grond zoo voordeelig mogelijk te bergen of aan te voeren door in transport daarvan te besparen, daar dit een kostbare factor is. In het algemeen bezige men den ontgraven grond zooveel mogelijk voor ophooging, indien het transport niet te kostbaar wordt.

Bij grondwerken van groote uitgestrektheid, zooals bij den aanleg van wegen en spoorwegen, kan men den benoodigden grond voor ophooging ontleenen langs de zijde of van ingravingen op zekeren afstand gelegen.De eerste wijze vindt toepassing, wanneer het materiaal uit de ingravingen niet voor ophooging geschikt is of wanneer de transportkosten door den langen afstand te groot worden (b.v. wegenaanleg in flauw golvende terreinen). Verder kan tot deze methode de omstandigheid leiden, dat de hoeveelheid grond uit de ingravingen te weinig is vergeleken bij den afstand of dat de grond naast den weg goedkoop is, Ook kan de beschikbare tijd een factor van overweging zijn, daar met het zijdelings werken meer arbeiders te gelijk in dienst kunnen worden gesteld. De aanwezigheid van vele of diepe ravijnen of de bouw van tunnels of bruggen kan verder een reden zijn om van het grondvervoer af te zien.

Het systeem van vereffening van ophoogingen en ingravingen komt het meest in aanmerking bij wegaanleg, daar hierbij het tracé zich meest aan het natuurlijk terrein aanpast, zoodat kleine ingravingen op kleine ophoogingen volgen en de afstand voor vervoer klein is.

Ontgraven.

Volumevermeerdering bij ontgraven:

	blijvend:	tijdelijk
I. Zand en fijne kiezel	1—1,5%	10—15%
II. Weeke aarde	3 ,,	15—20 ,,
III. Magere leem en mergel	4—5 ,,	20—25 ,,
IV. Vette klei en leem	6—7 ,,	25—30 ,,
V. Zachte rots	8—10 ,,	35—50 ,,

Per M³ te ontgraven grond in terrein gemeten zijn noodig voor de categorieën:

	I,	II,	III,	IV.		
gemiddeld	17	18	19	20	kruiwagens van	0,07 M³ inhoud.
	3,50	4	4	4,5	kipkarren ,,	0,33 ,, ,,
	2	2,10	2,15	2,20	paardekarren ,,	0,60 ,, ,,
	0,90	0,95	1,00	1,05	rolwagens ,,	1,33 ,, ,,
	1,20	1,25	1,30	1,35	,, ,,	1,— ,, ,,
	1,60	1,65	1,70	1,80	,, ,,	0,75 ,, ,,

Ontgraven en laden in krui- en kipwagens.

Gewoonlijk werkt men bij grondwerken van eenigen omvang met ploegen van 30 arbeiders met één onderbaas.

Een grondwerker ontgraaft per schop ongeveer 0,002 M³ grond of ± 4 KG in 4 à 6 seconden en werpt dezen gemakkelijk weg over een horizontalen afstand van 3 Meter en over een maximum hoogte van 1,80 Meter.

Per dag van 10 werkuren kan men rekenen, dat een grondwerker verzet:

in lossen of lichten zandgrond	16—20	M^3 in profiel gemeten
,, zwaren ,, ,,	8—14	,,
,, lichten kleigrond	10—12	,,
,, zwaren ,,	6—8	,,
,, veengrond	10—14	,,
,, grint	10	,,

Een gewone kruiwagen (kleine bak) wordt geladen met 9—11 schoppen in een tijdsruimte van 40—50 seconden.

In het algemeen laadt een arbeider een wagen

zand van	0,80	M^3	inhoud	in	15	tot 21	minuten.
,, ,,	0,50	,,	,,	,,	10	,, 13	,,
,, ,,	0,40	,,	,,	,,	8	,, 11	,,
grint of kiezel	0,80	,,	,,	,,	21	,, 30	,,
,, ,, ,,	0,50	,,	,,	,,	13	,, 18	,,
,, ,, ,,	0,40	,,	,,	,,	13	,, 16	,,

Het wisselen van een wagen met één span duurt ongeveer 2 minuten, met een tweespan ongeveer 2,5 minuut en het kippen 0,8 tot 1,5 minuut.

Een kipwagen van 0,75 M^3 inhoud wordt door 2 man geladen met 180 tot 200 schoppen in een tijdsruimte van 7 tot 8 minuten.

Kosten van 1 M^3 *ontgraven of opbreken* in flinke ruimte of open ingraving, niet dieper dan 1 Meter en

a. laden in kruiwagens;
of b. niet verder dan 3 Meter wegwerpen
of *c.* ophoogen beneden 1 Meter hoogte.

GRONDSOORT.	Arbeidstijd van 1 man in uren gemidd.
1. Los zand, fijne kiezel	0,50
2. Lichte zandgrond, damaarde	0,75
3. Lichte klei, veen, vochtige leem	0,90
4. Harde zandgrond, met pikhouweel te bewerken	1,20
5. Zware klei, leem, mergel, grove kiezel	1,75
6. Verweerde rots- en leisteen	3,00
7. Breuksteen	4,00
8. Vaste gesteenten, graniet	4—10

Het winnen van steenslag uit rotssteen.

De kosten van het verkrijgen van steenstukken uit het doen springen van rotsen zijn zeer afhankelijk van de soort rots. Zachte rotssteen is moeilijker te boren dan harde, daar zachte slibstof den bodem van het boorgat bedekt. Verder hangt het resultaat af van de hoogte van de te springen rots, de soort en ligging der boorgaten, de springstoffen, enz.

Voor de bepaling van de hoeveelheid te verkrijgen steen zijn overwegend het aantal meters boorgat, dat een machine per dag kan boren en het aantal kub. meter rotssteen, dat met één meter boorgat kan worden gesprongen. De andere uitgaven zijn ongeveer evenredig met het vermogen per dag. De boorgaten kunnen met 8¼ cM wijdte beginnen en bij diepere gaten op 4½ cM wijdte eindigen.

Fijnkorrelig basalt is een der hardste te boren rotssoorten. Het boorvermogen wisselt hierbij af van 60 tot 130 cM in het uur; met de werkzaamste springstoffen kan gemiddeld 1,100 M^3 per boorder per uur gewonnen worden. In harde rots kan men tot 1½ M in het uur boren en ongeveer 3 M^3 per uur en per boorder laten springen; in matig harden rotssteen respect. 1,80 M en 5¾ M^3 en in lichte rotssoorten als zandsteen 7½ M en 25 M^3 rotssteen.

Gemiddeld boorvermogen en gatafstand bij verschillende rotssoorten.
(volgens Taylor).

Soort rots	Specif. gewicht van het gesteente	Ruimtegewicht van den steenslag bij 45% holte	Boorgatafstand ongeveer	Springvermogen per Meter boorgat			Boorsnelheid in Meter gatdiepte bij		Gemiddeld vermogen per uur per boorder in					
									dagloon			bij accoord		
				ton 1000 KG	M^3 rots	M^3 steenslag	dagloon	accoord	ton	M^3 rots	M^3 steenslag	ton	M^3 rots	M^3 steenslag
Harde rots (basalt, graniet) . . .	2,7	1,49	1,60	6,8	2,5	4,6	1,20	2,30	8,2	3,0	5,5	15,6	5,7	10,6
Gemiddelde harde rots (gewone kalksteen . .	2,6	1,43	1,75	6,8	3,1	5,7	1,80	3,30	14,6	5,6	10,3	26,7	10,2	18,8
Zachte rots (zachte kalksteen, zandsteen, leisteen) . . .	2,6	1'43	1,95	6,8	2,5	6,8	2,45	4,60	24,0	9,3	16,7	45,1	17,5	31,3

Men doet goed het boorgat daarbij eerst met zwart kruit te verwijden, opdat de lading zoo diep mogelijk komt te liggen.

De afstand der boorgaten hangt af van de gatdiepte, soort rots en gewenschte grootte der te verkrijgen rotsstukken. Het is zeer kostbaar de grootere stukken met hamers of wiggen kleiner te maken en men moet dus met het aantal gaten en de hoeveelheid springstof daarmede rekening houden. De bediening der drukluchtboormachines, welke met een druk van 5 atm. aan de boor werken, bestaat uit 1 boorder en 1 helper, waarbij nog komt ½ stoker, ¼ smid, ¼ helper van een smid en ¼ voorwerker. Als algemeene onkosten van de bouwplaats moeten aan die loonen nog 15% worden toegevoegd.

Graven van sleuven voor het leggen van buizen, riolen, enz.

In goeden zandbodem kan men tot 1,50 à 2 Meter diepte open ingraven; bij grootere diepte moeten de wanden worden geschoeid. Het best geschiedt dit met houten planken of platen (battings).

In niet al te lossen zandbodem is het schocien met horizontaal liggende planken te verkiezen, planken dik minstens 3 cM en breed hoogstens 30 cM. Het lossen geschiedt met één of meer planken tegelijk naar gelang van de vastheid van den grond. Bij groote diepten is met deze wijze van werken veel schoeihout noodig.

Bestaat de bodem uit lossen grond of zeer fijn droog zand, dan doet men beter de planken vertikaal te stellen en in te heien. De planken dik minstens 5 cM en breed minstens 16 cM. Het lossen der planken geschiedt met takel of handboom.

Dezelfde wijze van werken wordt toegepast, wanneer beneden den grondwaterstand wordt gegraven. Bestaat de grond uit fijn loopzand, slappe klei of veen en moet de sleuf op groote diepte beneden het grondwater worden drooggelegd, dan moeten de planken van messing en groef worden voorzien. Dikte der planken minstens 7 à 8 cM. breedte minstens 18 cM en niet meer dan 35 cM. De planken kunnen worden ingeheid zonder of met behulp van den waterstraal.

Met de horizontale schoeiwijze kunnen sleufdiepten tot 10 Meter nog behoorlijk worden geschoeid. Bij het vertikaal schoeien is een diepte van 7 à 9 Meter al een practisch maximum.

Bij meer dan 2 Meter diepte moet de grond met behulp van zolders worden ontgraven, indien dit met de hand plaats heeft. Voor elken 1 à 1,5 Meter diepte een zolder meer. Gemiddelde kosten van ontgraven per M³ tot 2 Meter diepte f 0,25 à f 0,30; voor elken zolder meer f 0,20.

Graven en steken van slooten.

	bij	1,25	1,50	2,—	Meter diepte.
1. zandgrond gemiddeld		0,50	0,46	0,42	M per uur.
2. leemgrond ,,		0,36	0,33	0,30	,, ,, ,,
3. kleigrond ,,		0,29	0,26	0,21	,, ,, ,,

Opvoeren van of ophoogen met grond.

Een arbeider kan met de schop den grond tot een maximum hoogte van 2 Meter opwerpen.

1 M³ grond opvoeren van grootere diepte dan 1 Meter voor elken Meter diepte van het zwaartepunt meer:

0,3 uur van een arbeider	(à f 0,60)	. . .	f 0,18
0,015 ,, ,, ,, onderbaas	(à - 0,80)	. . .	- 0,012
	samen	. .	f 0,192

1 M³ opgehoogde grond gelijkmaken (bij aanvulling van keermuren, putten, sleuven)

0,2 uur van een arbeider	(à f 0,60)	. . .	f 0,12
0,01 ,, ,, ,, onderbaas	(à - 0,80)	. . .	- 0,008
	samen	. .	f 0,128

Effenen of planeeren.

1 M² effenen van groote vlakken lichten grond, 0,05 uur van een arbeider.
1 ,, ,, ,, taluds ,, ,, 0,10 ,, ,, ,, ,,
1 ,, ,, ,, ,, zwaren ,, 0,20 ,, ,, ,, ,,
1 ,, terrein van struiken, stokken, enz. zuiveren en op hoopen stellen, 0,5 uur van een arbeider.

Zoden steken en opstapelen.

Een arbeider steekt per uur 150—180 plakzoden, of 1 M² zoden steken en ophoopen vordert 0,10—0,15 uur van een arbeider.

Bezoden.

1 M² bezoden met plakzoden, met inbegrip van aanstampen: 0,1 uur van een arbeider.

1 ,, bezoden met plakzoden, inbegrepen het ploegen, steken, laden en vastpinnen, doch zonder vervoer:

0,5 uur van een arbeider	à f 0,60	. . .	f 0,30
0,025 ,, ,, ,, onderbaas	à - 0,80	. . .	- 0,02
	samen	. .	f 0,32

Vervoer van 10 M² plakzoden = 1 M³ grond.
,, ,, 10 ,, blokzoden = 2 ,, ,,

1 M² bezoden met blokzoden als boven:

1 uur van een arbeider	à f 0,60	. . .	f 0,60
0,05 ,, ,, ,, onderbaas	à - 0,80	. . .	- 0,04
	samen	. .	f 0,64

Taluds bij ontgraving of ophooging van terreinen.

Bij het graven van leidingen of kanalen kunnen de glooiingen volgens ervaring de volgende helling verkrijgen:

steenachtige grond, harde mergel of vaste droge veengrond	tg Φ = 2 à 1	(2 op 1 à 1 op 1)
vaste kleigrond, dichte leem of kleihoudende aarde en gewoon veen	,, = 1 à $^4/_5$	(1 op 1 à 1 op 1¼)
gewone grond, zandige leem- of leemachtige zandgrond	,, = $^2/_3$	(1 op 1½)
losse grond en zand, vochtig veen	,, = $^4/_7$ à $^2/_5$	(4 op 7 à 2 op 5)
slappe klei, slap veen	,, = $^1/_3$ à ¼	(1 op 3 à 1 op 4)

Transport van grond.

Soort van transport.

Op horizontale baan:

tot 3 Meter		eenvoudig werpen	
van	6—120 Meter	kruiwagens, bij grondverzet niet grooter dan . .	5 000 M³
,,	120—250 ,,	handkipkarren, bij moeilijk terrein en grondverzet niet grooter dan	1 000 ,,
,,	250—750 ,,	paardekipkarren, bij grondverzet niet grooter dan	5 000 ,,
,,	120—500 ,,	rolwagens op spoor door arbeiders bewogen bij grondverzet tot	10 000 ,,
,,	250—1 000 ,,	rolwagens op spoor door paarden bewogen bij grondverzet tot	25 000 ,,
,,	1 000 Meter of meer,	locomotieven met lorries bij grondverzet boven de	30 000 ,,

Toeslag bij stijging.

De toeslag wordt dan eerst gerekend, als de helling grooter wordt dan
1 : 25 bij kruiwagens, maximum helling 1 : 12.
1 : 80 bij handkipkarren, maximum helling 1 : 40.
1 : 100 bij paardekipkarren, maximum helling 1 : 30.
1 : 100 bij rolwagens door arbeiders bewogen, maximum helling 1 : 25.
1 : 100 bij rolwagens door paarden bewogen, maximum helling 1 : $33^1/_3$.
1 : 150 bij rolwagens door locomotieven bewogen, maximum helling 1 : 25.

Grootte van den toeslag bij elken Meter hoogte meer dan bovengenoemde helling:

voor kruiwagens	12	Meter.
,, handkipkarren	20	,,
,, paardekipkarren	25	,,
,, rolwagens door arbeiders bewogen . .	80	,,
,, rolwagens door paarden bewogen . .	120	,,
,, rolwagens door locomotieven bewogen	250	,,

Transport van grond met kruiwagens.

Een arbeider met vollen kruiwagen legt per secunde een weg af van 0,80—1 Meter, neemt met den kruiwagen een lengte in van 3,5 Meter, heeft op het stort voor omkippen en weder oprichten een oponthoud van 30 secunden en op de laadplaats voor het verwisselen en uitrusten een tijdruimte noodig van 1 minuut.

Is a het aantal tochten per uur,
,, v de snelheid van beweging per secunde (0,80 à 1 Meter)
en l de transportlengte, dan

is
$$a = \frac{3600\ v}{2\ l + 90\ v}.$$

Bij een laadvermogen van p M³ per kruiwagen, is het aantal M³ grond per uur vervoerd, gelijk $a\ p$.

Bij v = 1 M³ en p = 0,07 M³ is het aantal M³ vervoerde grond per uur uit de volgende tabel te vinden:

Transportlengte l:	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120 Meter.
Aantal M³ p. uur:	3,3	3	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7	1,4	1,2	1,0 p. kruiwagen.

Gemiddelde sterkte van een karrebaan 15 à 20 arbeiders:

Is M de hoeveelheid per uur te ontgraven grond, dan is het aantal arbeiders of kruiwagens $\frac{M}{a\ p}$. Voor uitspreiden van den grond op het stort, verleggen en onderstoppen der karrebaan is 5% van het bovengenoemde aantal arbeiders te stellen.

Transport van grond met kipkarren.

Door arbeiders bewogen.

Elke kipkar eischt 2 arbeiders en bij klimmende wegen nog een derden. De bewegingssnelheid is 1 Meter per secunde, het oponthoud op het stort en de

laadplaats bedraagt bij elken tocht 6 minuten. Het aantal tochten per uur bedraagt alzoo:

$$a = \frac{3600}{2l + 360}$$

Is het laadvermogen van een kipkar gelijk p M^3, dan is het aantal M^3 per uur vervoerd gelijk aan a p M^3.

Bij p = 0,30 M^3 wordt de hoeveelheid vervoerde grond bij verschillende transportlengten als volgt:

Transportlengte l:	50	100	150	200	250	300	400	500 Meter.
Aantal M^3 per uur:	0.23	0,19	0,16[5]	0,14	0,12[5]	0,11	0,09	0,08 per kipkar.

Met paardekipkarren.

Een paard trekt gemiddeld op goed onderhouden vlakken straatweg een last van 2500 KG.

De snelheid van beweging bedraagt hierbij 1,25 M per secunde. Het oponthoud aan ontkoppelen, afladen, wenden, weder vasthaken en aantrekken bedraagt op het stort 8 minuten; het laden vordert zonder omspannen op de laadplaats nog 7 minuten, zoodat het totale oponthoud en de rust der paarden bedraagt 15 min.

Het aantal tochten per uur bedraagt alzoo

$$a = \frac{3600 \times 1,25}{2l + 900 \times 1,25} = \frac{4500}{2l + 1125.}$$

Geeft men den paarden niet meer dan 3 uur rust per dag, dan zal het aantal tochten per dag niet meer dan $\frac{180}{15} = 12$ mogen bedragen, hetgeen een minimum transportlengte van 1300 Meter eischt.

Het laden der karren geschiedt door 3 man, terwijl ieder paard een geleider krijgt. Bij doorgaand bedrijf bezigt men kolonnes van 24 tot 28 paarden en plaatst men 7 arbeiders op het stort, waarvan 4 de achterste en 3 de voorste kar samen met den drijver bedienen.

Voor de trekdieren rekent men op 2 % reserve en voor het materieel 10 %.

Volgens bovenstaande formule vindt men bij 0,70 M^3 laadvermogen per kar:

Transportlengte l:	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000 Meter.
Aantal M^3 p. uur:	1,01	0,76	0,62	0,51	0,44	0,34	0,28 per kipkar.

Transport van grond met rolwagens op spoorbaan.

1. *Door arbeiders bewogen:*

Een arbeider kan op goedgelegd spoor met doelmatig geconstrueerde voertuigen ongeveer 1000 KG voortbewegen.

De snelheid van beweging op horizontale baan van een door een arbeider voortbewogen rolwagen van ± 0,50 M^3 inhoud op smalspoor van 0,60—0,90 M wijdte bedraagt ongeveer 1,10 M per secunde. Op de laadplaats is voor het verwisselen en verleggen der sporen en uitrusten gemiddeld een tijdsruime noodig van 2 minuten en op het stort voor omkippen en weder oprichten 1 minuut, samen 3 minuten oponthoud.

Het aantal tochten per uur bedraagt alzoo:

$$a = \frac{3960}{2l + 198}$$

Bij een laadvermogen van 0,50 M^3 is het aantal M^3 vervoerde grond per uur:

Transportlengte l:	100	120	150	200	250	300	350	400	500 Meter.
Aantal M per uur:	4,98	4,52	3,97	3,31	2,83	2,48	2,21	1,99	1,66 p. rolwagen.

2. *Door paarden bewogen:*

Een paard trekt op een gewoon veldspoor het 100—150-voudige van zijn trekkracht als bruto last. Voor de trekkracht van een normaal paard kan men rekenen op 75 KG bij een snelheid van 1,20 M per secunde. De netto last van een veldspoorwagen bedraagt gemiddeld 70 % van den bruto last. De maximum netto last voor één paard bedraagt dus ongeveer 8000 KG.

De exploitatie- en onderhoudskosten voor paardentractie zijn:

Onderhoud van het paard per dag . . .	f 3,—
Tuig en beslag	- 0,30
Bediening 1 man	- 3,50
Rente 5 % en afschrijving 20 %	- 0,20
Samen per werkdag	f 7,—

Op de laadplaats is voor omspannen, verleggen der sporen en uitrusten noodig 4 minuten en op het stort voor omkippen, oprichten en omspannen 3 minuten, totaal 7 minuten rust en oponthoud.

Het aantal tochten per uur bedraagt alzoo:

$$a = \frac{4320}{2\,l + 504}$$

Bij een laadvermogen van 1 M³ is het aantal M³ vervoerde grond per uur:

Transportlengte l:	200	250	300	350	400	500	600	700	800	1000 Meter.
Aantal M³ per uur:	4,78	4,30	3,89	3,57	3,30	2,86	2,52	2,26	2,05	1,72 p. rolwagen.

3. *Door locomotieven bewogen:*

Voor werksporen bij tijdelijke banen kieze men 0,90 M spoorwijdte. De spoorstaven krijgen daarbij geen kleiner gewicht dan 15 KG per Meter. De treinen bestaan gewoonlijk uit een lengte van niet meer dan 20 rolwagens, elk van 2 tot 2,5 M³ inhoud met locomotieven van 40 tot 60 PK. Bij groote grondtransporten zijn zwaardere locomotieven (125 PK en daarboven) en grootere wagens (± 4 M³) altijd aan te bevelen, daar dit goedkooper uitvalt. Een locomotief vervoert op horizontaal veldspoor het 150-voudige van zijn trekkracht als brutolast. De snelheid van beweging op het werk wisselt van 7 tot 15 KM per uur.

Bij grondvervoer over bestaand normaalspoor bezigt men veelal bakkipwagens van gemiddeld 7 M³ inhoud en locomotieven van 20 à 25 ton. De treinen worden daarbij gevormd door 16 à 20 wagens met een gemiddelde werksnelheid van 10 KM per uur. De kleinste straal der bochten is daarbij 150 Meter. Elke trein wordt geladen in 25 à 30 minuten en gelost gemiddeld in 12 à 13 minuten. Voor het lossen rekene men één man per kipwagen en op het stort het dubbele.

Het onderhoud der werksporen vordert een afzonderlijke ploeg arbeiders.

Het laden van elken wagen geschiedt door minstens twee man.

Voor het wagenpark rekene men op 10 % reserve.

De totale lengte der werksporen overtreft gemiddeld den transportafstand met 10 à 12 %, dikwerf met 15 % naar gelang van de uitbreiding der spoorinrichtingen op de wisselplaatsen, het stort en de laadplaats. Het tijdverlies bij de laadplaats en op het stort bedraagt ongeveer 15 minuten.

Per werkdag is gemiddeld te rekenen op 15 à 20 gulden bedrijfsonkosten.

De afschrijving der materialen op 15 %. Het steenkolenverbruik is ongeveer 5 KG per treinkiliometer.

Voor een locomotief van 40 PK zijn de bedrijfskosten als volgt (1920):

kolen per werkdag van 10 uur: 380 KG à f 8,— per 100 KG	f 30,40
smeer- en poetsmateriaal	- 2,—
bediening door 1 man	- 4,50
onderhoud (reparaties)	- 2,—
rente 5 % en afschrijving 10 % van f 4800,— en idem reservemachine, per dag	- 2,—
samen per werkdag . .	f 38,90

Transportkosten van ontgraven grond per M³.

Zijn de kosten per uur van het transportmiddel (loon, voeding, onderhoud en herstellingen) in het algemeen gemiddeld K cent en maakt men daarmede a tochten van q M³ inhoud, dan is de kostprijs per M³ alzoo $\frac{K}{aq}$ cent.

Het aantal tochten kan zooals gezien, bldz. 772, worden uitgedrukt in

$$a = \frac{3600 \times v}{2\,l + b\,v}$$

waarin b een zekere waarde afhankelijk van oponthoud, rust, enz.

Deze waarde van a gesubstitueerd, wordt de kostprijs per M³ alzoo

$$K : \frac{3600\ v}{2\ l + b\ v}\ q = \frac{K\ (2\ l + b\ v)}{3600\ v\ q} = \frac{K}{1800\ v\ q}\ l + \frac{K\ b}{3600\ q}$$

Daar K, v, q, en b voor eenzelfde transportmiddel en voor een bepaald soort te transporteeren materiaal constant zijn, kunnen de transportkosten dus in het algemeen worden uitgedrukt door

$$\alpha\ l + \beta$$

waarin α en β vaste waarden voor verschillende transportsoorten en alleen geldig voor lengten, welke de maximum meest voordeelige transportlengte van het transportmiddel niet overschrijdt, terwijl ook de te transporteeren massa's beneden de daarbij gebruikelijke moeten blijven. Weet men de kosten voor twee verschillende transportlengten, dan zijn daaruit de waarden van α en β en de kosten voor andere transportlengten te bepalen.

Volgens *A. Goering* (1907) zijn voor *spoorwerken* de transportkosten k per M³ voor verschillende transportlengten in Pfennig:

I. Met kruiwagens $k = 6 + 22\ t$
II. Met handkipkarren $k = 14 + 9{,}2\ t$
III. Met paardekipkarren $k = 26 + 5\ t$
IVa. Met rolwagens en door menschen bewogen

$$k = 12 + \left(2{,}5 + \frac{50\,000}{M}\right) t$$

IVb. idem door paarden bewogen

$$k = 17 + \left(1{,}0 + \frac{60\,000}{M}\right) t$$

IVc. idem door locomotieven bewogen

$$k = 20 + \left(0{,}5 + \frac{75\,000}{M}\right) t$$

waarbij $t = \frac{l}{100}$, M de te transporteeren massa en l de transportlengte.

De minimumprijzen voor de verschillende transportsoorten bedragen dan volgens *Goering*:

I	II	III	IVa	IVb	IVc	
12	16	35	25	30	30	Pfennig.

Zet men de kosten graphisch uit, dan worden de grenzen van transportlengte l

voor I 62,5 M
,, II 285,7 ,,

Bij gelijke massa M worden IVa en IVb even voordeelig voor k = 10t — 13 en IVb en IVc even voordeelig voor k = 3 t — 5.

Om den *kostentoeslag voor stijging* te vinden moet men de hoogte bepalen, waarover de massa te verplaatsen is. Is S de stijging van den transportweg per mille, dan wordt volgens *Goering* de toeslag per M³ in Pfennig

voor I	$k_z = 3h + 0{,}07\ S$		voor IVa	$k_z = 2{,}5\ h + 0{,}25\ S$
,, II	$k_z = 3h + 0{,}3\ S$		,, IVb	$k_z = h + 0{,}6\ S$
,, III	$k_z = h + 0{,}5\ S$		,, IVc	$k_z = 0{,}25\ h + 0{,}75\ S$

waarin h dus tevens gelijk $\frac{t\ S}{10} = \frac{l\ S}{1000}$ te stellen is.

Gemiddelde transportkosten van ontgraven grond per M³

in centen, waaronder begrepen laden en lossen, afschrijving van het materieel, toezicht en verzekering bij 10-urigen werkdag en een gemiddeld dagloon van f 2,—.

Afstand van het transport in Meters	Kruiwagen	Handkipkarren	Paardekipkarren	Rolwagens door menschen bewogen	Rolwagens door paarden bewogen	Rolwagens door locomotieven bewogen
10	10	—	—	—	—	—
25	11	—	—	—	—	—
50	16	19	—	—	—	—
100	27	23	—	17	—	—
150	39	27	—	20	—	—
200	72	32	—	24	—	—
300	—	41	36	29	24	—
500	—	60	42	40	29	21
750	—	—	48	54	36	23
1000	—	—	55	69	45	26
1500	—	—	75	—	58	30
2000	—	—	98	—	—	35
2500	—	—	—	—	—	40
3000	—	—	—	—	—	45
4000	—	—	—	—	—	54
5000	—	—	—	—	—	64
5000	—	—	—	—	—	—

In *Ned. Indië* gelden voor de samenstelling van begrootingen ten dienste van het Depart. van B. O. W. de volgende grondslagen:

a. Voor het vervoeren van 1 M^3 grond over 30 Meter:

$$K = 0{,}33\ k + 0{,}01\ m,$$

waarin K de kosten van vervoer
k het dagloon van een koelie,
m het dagloon van een mandoer.

b. voor het vervoeren van 1 M^3 grond over afstanden van meer dan 30 M:

$$K = \frac{k}{275}\,(l + 75)$$

waarin K de kosten per M^3 inclusief toezicht, kosten van materieel, bamboe (voor mandjes, enz.)
k het plaatselijk aan een koelie uit te betalen dagloon.
l de transportafstand in Meter.

Bij afzonderlijke berekening van toezicht, slijtage en bamboe wordt

$$K = \frac{k\,(l + 75)}{324}$$

c. Voor het vervoeren van 1 M^3 grond met behulp van draagbaar spoor bediend door koelies, waarbij de kosten van onderhoud van de banen wel, maar de aanschaffing en het onderhoud van het materieel niet medegerekend wordt:

$$K = \frac{5\ k + 1}{17\,280}\,(l + 360)$$

Voor grondverzet van grooten omvang kan met 60 % der analyses volgens a en b volstaan worden.

Transportmiddelen.

Litteratuur.

Kammerer. Lastenförderung 1907.
A. Levy—Lambert. Chemins de fer funiculaires; transports aériens.
F. Loewe und H. Zimmermann. Handbuch der Ingenieurswissenschaften. B. V. Abt. VIII. Der Eisenbahnbau, Lokomotiv, Steilbahnen und Seilbahnen 2. Aufl. 1906.
C. Michenfelder. Neue Transport- und Hebevorrichtungen. 1906.
Buhle. Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern.
J. Pechan. Leitfaden des Maschinenbaues I: Maschinen zur Ortsveränderung. 4 Aufl. 1898.
„De Ingenieur" no. 50, jaargang 1907. Kabelbanen (luchtspoorwegen).

Transportmiddelen bij grondvervoer.

Kruiwagens.

Inhoud 0,04—0,09 M³.

Houten kruiwagens met wielen van droog iepenhout en vaste as: Prijzen vóór den oorlog.

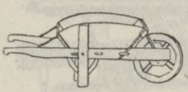


Fig. 1.

Hollandsche polderbakwagen voor grondwerk (fig. 1), wiel met vaste as. Prijs per stuk met smal wiel met geulbeslag of breed met plat beslag f 2,70—f 3,20.

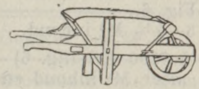


Fig. 2.

Zandkruiwagens (fig. 2) inhoud ½ HL, zijborden met bandijzer. Prijs per stuk met smal of breed wiel f 3,00—f 3,50.

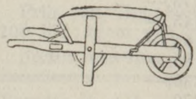


Fig. 3.

Zand- of puinkruiwagen (fig. 3) ook voor grint, inhoud ¾ HL met ijzeren bout door de pooten en zijborden met bandijzer. Prijs per stuk met smal of breed wiel en ijzeren schoenen f 3,50—f 4,—.

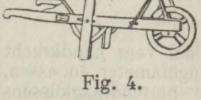


Fig. 4.

Modder- of speciewagen (fig.4) inhoud ¾ HL, met hoogen kop, Prijs per stuk met smal wiel of breed wiel en ijzeren schoenen aan de pooten f 3,75—f 4,25.

Duitsche	kruiwagen, inhoud	0,069 M³,	gunstigste transporthelling	1 : 15.
Engelsche	„ „	0,039 „	„ „	1 : 10.
Italiaansche	„ „	0,04 „	„ „	1 : 10.
Oostenrijksche	„ „	0,037 „	„ „	1 : 10.

In het algemeen bevat een gewone Hollandsche houten kruiwagen

$^1/_{14}$—$^1/_{15}$ M³ losse grond.
$^1/_{15}$—$^1/_{16}$ „ afgestoken grond.
$^1/_{17}$—$^1/_{18}$ „ gesteente of rots.

IJzeren kruiwagens met ijzeren wielen en 0,065—0,15 M^3 inhoud kosten per stuk 10—15 gld.

Dagelijks gebruikte kruiwagens zijn binnen het halve jaar versleten.

Karren.

Kipkarren. Inhoud 0,25—0,30 M^3, eigen gewicht 160 à 200 KG. Prijs ± f 50,—(1912). Zij kunnen 1 jaar onafgebroken dienst doen en vorderen ± f 15,— aan reparatiën.

Paardekarren. Inhoud 0,60—0,70 M^3. Middellijn der wielen 1,10—1,30 M; spoorwijdte 1,20—1,40 M. Prijs ± f 200,— met tuig. (1912).

Zij kunnen eveneens 1 jaar dienst doen en vorderen ± 50 % der waarde aan herstellingen.

Wagens.

Rolwagens (4-wielig) 0,60—1,435 M spoorwijdte, het best 0,90 M.

Max. laad vermogen bij 1,435 M spoor is ± 6 M^3.

Laadvermogen bij menschenkracht 0,5—1,5 M^3.

„ „ paarden- of machinebedrijf 2—2,5 M^3.

Voorkippers van $1/3$ tot 1 M^3 inhoud.

Rondkipwagens (zij- en voorkippers).

Kipwaggons met onderstel van staal en ijzer en houten bak van 1¼ en 1½ M^3 inhoud. Draagvermogen 3000 à 4000 KG (fig. 5).

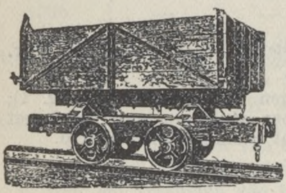


Fig. 5.
Licht type, 1¼—2 M^3 inhoud.

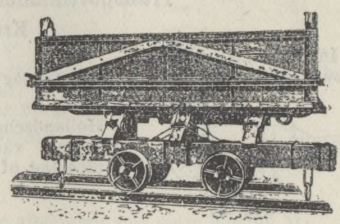


Fig. 6.
Zwaar type, 3—4½ M^3 inhoud.

Bakkipwaggons van 2 tot 4 M^3 inhoud. Draagvermogen 5000 à 7500 KG (fig. 6)

Idem met wiegkipinrichting voor groote belastingen, 6 en meer M^3 inhoud en 10000 KG draagvermogen. Prijzen vóór den oorlog:

voor	60	cM spoorwijdte,	inhoud	1½	M^3	met	rem	f 150,—
„	60	„	„	„	2	„ „	„	- 175,—
„	70	„	„	„	1¼	„ „	„	- 145,—
„	70	„	„	„	1½	„ „	„	- 165,—
„	70	„	„	„	2	„ „	„	- 185,—
„	90	„	„	„	2	„ „	„	- 235,—
„	90	„	„	„	3	„ „	„	- 270,—
„	90	„	„	„	4	„ „	„	- 360,—
„	90	„	„	„	4½	„ „	„	- 460,—
„	143,5	„	„	„	5	„ „	„	- 560,—

IJzeren kipwagens voor veldspoor:



Fig. 7.

1. Van $1/2$ M^3 inhoud speciaal voor handkracht met wielen van 270 mM vellingdiameter en assen, van 40 mM dikte, die in buitendraagkussens met dubbele smering loopen. Zij worden geremd door een houten knuppel, welke in een in 't onderstel zich bevindenden remhaak gestoken wordt of wel door een hefboomrem. De bakken bestaan uit 2 mM dikke platen, bij scherpkantige voorwerpen liefst 3 mM te nemen. Draagkracht ongeveer 1000 KG.

2. Van ½ M^3 inhoud voor handkracht of met trekdieren (fig. 7). Wielen van 300 mM velling-

diameter, assen 45 mM. In 't midden van het onderstel is een ijzeren dwarsverband tegen verbuigen. Dikte der wanden 2 mM. Rem met houten knuppel of wel hefboom- of schroefrem. Schroefremwagens hebben langere onderstellen om plaats aan den remmer te verleenen. Draagvermogen 1500 KG.

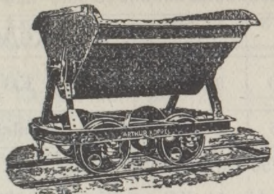


Fig. 8.

3. Van ¾ M^3 inhoud, hoofdzakelijk voor trekdieren of locomotieven. De bakken zijn van slaglijsten voorzien en de bokken zijn nog extra door hoekplaten met het onderstel verbonden. Draagvermogen 2000—2250 KG. Bij sterke hellingen en treinverkeer is de schroefrem toe te passen en is 1 schroefrem op 5 à 6 wagens voldoende. Ook met veerende trek- en stootverbinding en 2 veerende centrale buffers. Bij treinen met kleine locomotieven is het voldoende als enkele wagens van deze veerende buffers voorzien worden.

4. Van 1 M^3 inhoud met 3 ijzeren dwarsverbanden versterkt. Draagvermogen 2250 tot 2500 KG.

5. Van 1½ M^3 inhoud uitsluitend voor beweegkracht met locomotieven. Draagvermogen 3500 KG, wielen 450 mM vellingdiameter en assen van 60 mM dikte (fig. 8).

Prijzen vóór den oorlog:

voor 50 cM spoorwijdte, inhoud ⅓ M^3 f 50,—
,, ,, ,, ,, ,, ½ ,, - 55,—
,, 60 ,, ,, ,, ⅓ ,, - 55,—
,, ,, ,, ,, ,, ½ ,, - 57,—
,, ,, ,, ,, ,, ¾ ,, - 62,—
,, 70 ,, ,, ,, ¾ ,, - 62,—
,, ,, ,, ,, ,, 1 ,, - 130,—

Werksporen bij grondvervoer.

Spoorwijdten zijn 500, 600, 750, 900, 1000 en 1435 mM.

Stalen rails voor veldsporen:

Gewicht per M^1	4,5	5	6	7	9	10	12	14	16	KG
Grootste toe te laten asbelasting bij dwarsliggerafstand van 1 Meter . .	800	900	1 000	1 200	1 500	2 500	3 500	4 000	5 500	KG

Prijs van Vignolarails inclusief laschplaten en bouten (1912) f 7,25 à f 7,50 per 100 KG; idem van groefrails f 12 à f 12,50 per 100 KG.

Stalen dwarsliggers voor veldsporen:

Breedte in mM	98	105	128	155	175
Gewicht in KG per M^1 circa	3,5	4,5	5,5	8,4	9

Prijzen der dwarsliggers per stuk (1912):

voor 50 cM spoorwijdte - 0,24 à f 0,35 naar gelang van het profiel.
,, 60 ,, ,, - 0,26 ,, - 0,37 ,, ,, ,, ,, ,,
,, 70 ,, ,, - 0,27 ,, - 0,43 ,, ,, ,, ,, ,,

Halfdraagbare sporen met bevestiging door laschplaten en afzonderlijke dwarsliggers.

Gebruikelijke maten:

Gewicht der rails per M^1 . .	4	4,5	5	6	KG/M^1
Grootste toe te laten asbelasting bij dwarsliggerafstand van 1 Meter	700	850	1 100	1 350	KG

Lengte der ramen in M	5 en 2,5	5 en 2,5	5 en 2,5	5 en 2,5	Meter
Spoorwijdte in mM	500 en 600	500 en 600	500 en 600	500 en 600	mM
Gewicht der rails per M¹ . . .	7	10	12	14	KG/M¹
Grootste toe te laten asbelasting warsliggerafstand van 1 Meter	1 600	2 250	3 650	3 950	KG
Lengte der ramen in M	5 en 2,5	7 en 5	7 en 5	7 en 5	Meter
Spoorwijdte in mM	500 en 600	600 en 750	750 en 900	750 en 900	mM

Het gebogen spoor wordt geleverd voor rails van 10—14 KG gewicht in stralen van 15—30 Meter en voor rails van 4—7 KG gewicht in stralen van 5, 10 en 15 Meter.

Geheel draagbaar spoor, bestaande uit ramen van rails en dwarsliggers.

De meest gebruikelijke spoorwijdte is 500 tot 600 mM.

Gebruikelijke maten:

Gewicht der rails per M¹ in KG	4	4,5	4,8	5	6	7
Grootste toe te laten asbelasting bij dwarsliggerafstand van 1 Meter in KG	700	850	1 000	1 100	1 350	1 600
Gewicht der stalen dwarsliggers per Meter in KG	3,5	3,5	5,5	5,5	6	6

Lengte der ramen in elke afmeting, het meest gebruikelijke 5, 2,5 of 2 Meter.

De gebogen sporen hebben ramen van circa 10 Meter straal en rails tot 8 KG per M¹.

Het verdient aanbeveling bij gebogen spoor voor ieder raam een dwarsligger meer te bezigen.

Bij de lengte van 5 M voor spoorstaven van 4 tot 6 KG per M¹ is de gebruikelijke dwarsliggerafstand 5, 6 en 7 per raillengte of 115, 92 en 77 cM en bij de lengte van 7 M voor spoorstaven van 6 tot 9 KG per M¹ 7, 8, 9 of 10 per raillengte overeenkomende met een afstand van 110, 94, 83 en 73 cM. Voor deze dwarsliggerafstanden zijn de toe te laten belastingen als volgt:

Gewicht rail per M¹ KG	Weerstands-moment cM³	Hoogte rail mM	Toe te laten raddruk in KG bij een dwarsliggerafstand hart op hart van						
			115	92	77	110	94	83	73 cM.
4,5	7,62	50	265	376	496	—	—	—	—
5	9.70	60	337	479	630	—	—	—	—
5,5	10,81	60	376	538	702	—	—	—	—
6	12,23	60	425	604	794	—	—	—	—
7	15,34	65	—	—	—	606	742	880	1 050
9,5	21,93	70	—	—	—	866	1 060	1 258	1 502

Moet het draagbaar spoor bereden worden door lichte locomotieven, dan neme men rails van 7 M lengte.

Stalen wissels.

Prijzen (1912)	voor 50 cM spoorwijdte	f 24 à f 32,50
	,, 60 ,, ,,	- 32 ,, - 41,—
	,, 70 ,, ,,	- 35 ,, - 65,—

Draaischijven.

Prijzen (1912) van *ster-*, *hogel-*, *klim-* en *tramwegdraaischijven* voor spoorwijdten:

van 50 cM	f 22,—	f 26,—	f 51,—
,, 60 ,,	- 24,—	- 28,—	- 53,—
,, 70 ,,	- 26,—	- 30,—	- 55,—

Locomotieven voor veld- en werksporen.

Motorlocomotieven (benzine, benzol en spiritus-) tot 60 PK:

Aantal PK.	6	8	12	16	24	30	60
Dienstsnelheid in KM per uur	5—7,2	4—12	4—12	4—12	4—12	4—12	4—15
Trekkracht op horizontale baan in KG .	240—155	420—105	650—175	870—240	1 320—380	1 640—460	3 400—800
Geringste spoorwijdte in cM.	40	40	45	45	50	60	60
Dienstgewicht in KG . . .	3 200	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000	14 500
Prijs gld.(1912)	3 500	3 800	4 300	5 000	5 800	7 200	9 000

Electrische locomotieven van 6—36 PK voor spoorwijdten van af 500 mM worden voor elke stroomsoort gebouwd. De onderhoudskosten hangen van het bedrijf af en zijn in het algemeen te stellen op 18—30 gulden voor elke 1000 locomotief-kilometer. Het stroomverbruik bedraagt ongeveer 40—60 wattuur voor elken bruto tonkilometer. De locomotieven voor transport van materialen en voor het vervoer uit groeven hebben een gewicht van 6—10 ton en kostten ongeveer 45000—9000 gulden.

Vuurlooze stoomlocomotieven kunnen worden gebezigd ,waar een ketelbatterij aanwezig is. Zij hebben veelal 12 atm. stoomspanning bij lading. De werkspoorlocomotieven (gebezigd bij de Rotterdamsche drinkwaterleiding) kunnen op de vlakke baan met 8 à 9 atm. stoomspanning een trein van 24 wagens elk van $^3/_4$ M³ vervoeren, op hellingen van ± $^1/_{40}$ bij 4 atm. spanning nog 9 van zulke wagens. Met één stoomvulling kan men in 2½ uur 12 treinen van 6 wagens vervoeren. Gedurende het werk daalt de spanning tot 2 atmosferen, waarbij de locomotief nog terug kan stoomen. Het vullen duurt ± 10 minuten. Men kan den arbeid van de locomotief stellen op dien van 8 paarden bij 18-urigen onafgebroken dienst.

Stoomlocomotieven.

Locomotieven voor werksporen zijn meest tendermachines met 2 gekoppelde assen en een vermogen van 20—70 PK. Gemiddeld is het transportvermogen van verschillende locomotieven: (Zie ook bldz. 782).

Vermogen locomotief EPK	Vervoerde brutolast in tonnen		Snelheid per uur in KM
	horizontaal	$^1/_{100}$ helling	
20	110	30	12
40	160	50	12
60	290	90	12
80	380	120	12
120	480	145	15

Kolenberging noodig voor 4 à 5 diensturen.
Water ,, ,, ,, 2 ,,
Kolenverbruik 1,2 tot 1,8 KG per EPK uur; stoomverbruik tot 12 KG per EPK uur.
Waterverbruik tot 15 L per EPK uur.

Prijzen (1912) van een 20 PK locomotief ± f 4000,—.
,, ,, ,, 40 ,, ,, ± - 5000,—,
,, ,, ,, 60 ,, ,, ± - 8000,—.

Herstelling is noodig na 5 dienstjaren, waarna nogmaals 5 jaar dienst kan worden gedaan.

De levensduur van een locomotief is bij goede zaakkundige behandeling op 20

Meest gebruikelijke zwaarten en afmetingen van stoomlocomotieven voor transporten van grond, enz.

Paardekracht	EPK	20		30		40		50		60			80			100		125	
Spoorwijdte	mM	600/750		600/750		600/750		600/750		750	900	1 000	750	900	1 000	900/1 000		900/1 000	
Cilinder-middellijn	mM	140		165		185		210			235			260		285		310	
Zuiger-slaglengte	mM	200		300		300		300			400			400		400		440	
Wieldiameter	mM	450		600		600		600			800			800		800		820	
Radstand	mM	950		1 000		1 100		1 200			1 400			1 600		1 800		1 800	
Stoomdruk	Atm.	14		12		12		12			12			12		12		12	
Roosteroppervlak	M²	0,19		0,3		0,33		0,4			0,45			0,52		0,73		0,80	
Verwarmend oppervlak . .	M²	7,00		11,7		15,5		18,4			23,5			28		36,8		40,9	
Watervoorraad	KG	400/500		470/580		570/580		600/760		1 000	1 200	1 300	1 300	1 450	1 600	1 800/2 000		2 000/2 200	
Kolenvoorraad	KG	150		200		300		400			500			600		700		750	
Gewicht (ledig)	KG	3 700	3 800	5 700	5 800	6 100	6 250	7 000	7 150	9 000	9 300	9 450	10 150	10 300	10 450	13 200	13 400	14300	14500
,, (in werking) . . .	KG	5 000	5 200	7 000	7 100	7 700	7 980	8 900	9 200	11 500	120 00	12 250	13 200	13 500	13 800	16 400	16 800	18000	19000
Trekkracht $\frac{0,5\ p\ d^2\ l}{D}$ . . .	KG	600		820		1 030		1 320			1 660			2 030		2 430		2 880	
Vervoerde brutolast zonder het eigen gewicht der locomotief bij een helling van:																			
1 : 20	Ton	4		7		10		14			17			21		24		30	
1 : 30	,,	7		13		18		25			29			35		42		52	
1 : 40	,,	10		19		25		35			40			50		60		70	
1 : 50	,,	14		24		32		42			51			63		76		89	
1 : 60	,,	18		28		38		50			62			76		92		108	
1 : 80	,,	24		38		48		65			82			98		122		145	
1 : 100	,,	28		45		58		77			98			120		145		174	
1 : 200	,,	45		70		90		120			153			190		235		268	
1 : 500	,,	65		100		135		180			225			275		330		400	
1 : ∞	,,	90		150		190		255			320			390		470		580	
Snelheid bij deze prestatie per uur	KM	8		10		10		10			10			10		11		11	
Kleinste straal eener bocht	M	10		12		15		18			30			40		45		45	

à 30 jaar te stellen. De huurprijs van een locomotief van ongeveer 40 PK bedroeg f 200 à f 300 per maand, zoodat bij langeren duur van het werk dan een paar maanden, de aanschaffing van een eigen machine voordeeliger is.

Voor bedrijfszekerheid moeten reservedeelen zoo spoedig mogelijk te krijgen zijn en moet de capaciteit van de locomotief ruim genomen worden, daar de bepaling der paardekrachten van een locomotief slechts ten naastenbij en aan de hand van practische ervaringen kan plaats hebben. Verder lette men ook op de capaciteit van den stoomketel en op het eigen gewicht van de locomotief.

Trekkracht. De kracht, waarmede een locomotief een trein (en tender) voortkan bewegen is groot:

$$T = \frac{k\,p\,d^2\,l}{D}$$

waarin k de coëfficiënt voor de wrijving der machinedeelen (0,8 tot 0,93).
p de gemidd. druk van den stoom op den zuiger in KG/cM².
d de cilindermiddellijn in cM.
l de zuigerslaglengte in M.
D de middellijn der drijfwielen in M.

De maximum trekkracht bij het aanzetten kan worden bepaald door de volgende waarden van k:

bij tweeling en vierling locomotieven k = 0,65 tot 0,75,
,, 2 cil. compound ,, k = 0,45 tot 0,54,
,, 4 ,, ,, ,, k = 0,55.

De trekkracht van een locomotief laat zich ook uit haar vermogen afleiden; is nl. de snelheid, waarmede de trein zich beweegt V KM per uur, dan is het aantal N effectief paardekrachten (EPK) gelijk aan $\frac{T\,V}{270}$ of de trekkracht in KG:

$$T = 270\,\frac{N}{V}.$$

Transportmiddelen voor verschillende grondstoffen en materialen.

Vrachtwagens.

De max. belasting van vrachtwagens en in verband daarmede de velgbreedte, zijn in de meeste landen aan bepalingen onderworpen. In het algemeen bedraagt de velgbreedte bij lastwagens 8 tot 12 cM; voor landwerk en slappe gronden (zand, akkergrond) bedraagt zij 12 tot 16 cM.

In Pruisen geldt de wet van 20 Juni 1887 voor 4-wielige vrachtwagens op verharde wegen:

Velgbreedte cM	Laadgewicht KG	Laadgewicht per cM velgbreedte van elk rad KG
5 tot 6½	2 000	100
6½ ,, 10	2 500	96
10 ,, 15	5 000	125
boven 15.	7 500	126

Zie ook bij „Wrijving en Weerstand" bldz. 413).

Paardenvrachtwagens.

Vrachtwagens voor één paard hebben een laadvermogen van 600 tot 800 KG, voor twee paarden van 1000 tot 1200 KG. In Indië hebben de vrachtwagens (ossenkarren) een laadvermogen van ongeveer 10 pikol.

De bedrijfskosten van paardenvrachtwagens bedroegen ongeveer f 0,25 à f 0,50 per ton KM, d.w.z. de kosten van vervoer van 1 ton gewicht over 1 KM afstand, en in bergland meer dan in vlak land.

Autovrachtwagens.

Men heeft ze voorzien van motoren door petroleum, paraffine, benzine of benzol gedreven, en in vele typen. Waren vroeger de wagens bijna alle met kettingaandrij-

ving, tegenwoordig maakt men ze ook met cardanaandrijving. De cardan biedt voordeelen als zindelijkheid en geruischlooze werking. De cardanoverbrenging is meestal gecombineerd met wormwielaandrijving. Aandrijving met conische tandwielen is geschikt voor lichte snelloopende bestelwagens. De motorkoppeling is bij zwaardere wagens veelal een droge schijvenkoppeling. De prise-direct is voor de lichtere wagens grooter dan voor zwaardere en wel van 35 tot 12 KM per uur maximum.

In drukke verkeerssteden is een hooge manoeuvreerbaarheid van de auto een eerste eisch. Verder is het snel en goedkoop lossen van den wagen een belangrijk punt. Bij veranderlijke grootte der lasten kan een voorspanwagen voordeelig zijn.

Is de krachtoverbrenging bij de wagens meestal op de achteras, tegenwoordig vindt men ook de voor- en achteras tot drijfas ingericht, waardoor de kracht meer verdeeld op het wegdek wordt overgebracht en de machinedeelen zelf minder zwaar worden belast, waardoor asbreuk verminderd wordt.

Het laadvermogen gaat tot ongeveer 8 ton; de prijzen zijn van f 6000 tot f 15000. De bedrijfskosten worden minder met toenemend laadvermogen en grooter aantal afgelegde kilometers. Gemiddeld van f 0,30 tot f 0,12 per ton KM of de halve prijs van belaste heen- en leege terugreizen bij een prijs van f 0,25 per Liter brandstof en een chauffeur van f 50 per maand, alle kosten inbegrepen, zooals afschrijving, renteverlies, assurantie, onderhoud- en reparatiekosten.

In Ned.-Indië zijn de bedrijfskosten wat hooger en voor het binnenland ongeveer f 0,50 per ton KM (1918).

De bedrijfskosten van een Kissel-wagen (Amerikaansch) van de firma Linde-Teves Stokvis zijn gegeven in de tabel op bldz. 785.

Stoomvrachtwagens.

Zij zijn bij doelmatig gebruik nog wat voordeeliger, maar geschikter bij grooter laadvermogen van 4 tot 8 ton. De snelheid bedraagt ongeveer 15 tot 10 KM per uur leeg en 20 tot 14 KM per uur belast naar gelang van de grootte.

De wagens hebben waterpijpketels en worden met petroleum of cokes gestookt. Per KM is ongeveer 0,2 L petroleum noodig. Het condenswater wordt weder voor ketelvoeding gebezigd.

Prijzen van f 9000 tot f 15000 naar gelang der grootte.

Electrische vrachtwagens.

Zij zijn, hoewel nog zelden gebezigd, in het bedrijf niet ongunstig gebleken. Hoewel de aanschaffingskosten en onderhoudskosten hoog zijn, naderen de bedrijfskosten bij niet te hooge stroomkosten die van de benzinelastwagens. Vooral bij korte afstanden en veel stoppen wordt de electrische wagen voordeelig. Zij zijn verder gemakkelijker te bedienen, terwijl de bandenslijtage geringer is. Zij zijn veelal voorzien van Edison-accumulatoren of ,,ironclad exide'' accu's, die beter bestand zijn tegen schokken. Algemeen worden de wagens ingericht voor een maximum afstand van 40—70 KM op vlakken weg; in heuvel- of slecht terrein is de afstand veel minder. De spanning is 24 tot 40 Volt voor het laden; bij hoogere spanningen wordt de batterij evenredig zwaarder.

Houten kruiwagens.

(Prijzen vóór den oorlog).

Met wielen van iepenhout en met vaste as:

(Hollandsch model):

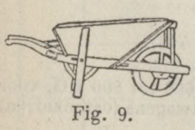


Fig. 9.

Specie- of kalkwagen (fig. 9) inhoud ¾ of 1 HL, met iepen boomen en pooten en breede wielen. Prijs per stuk. . f 6,— tot f 6,50

Betontraliekruiwagens, zelfde model als fig. 9, kop en bodem met ijzeren spijlen; prijs per stuk voor ¾ HL f 7,50, voor 1 HL inhoud . . . . - 8,50

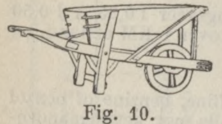


Fig. 10.

Steenkolen- en pulpwagens, (fig. 10) inhoud 1¼ HL, prijs per stuk . . . . - 8,—

Bedrijfsberekening voor Ned.-Indië van een 2 tons- en een 4 tons Kisselvrachtauto van de firma Linde-Teves-Stokvis (1919).

Prijs van een 2-tons-wagen compleet f 9900.— van de banden alleen ± f 1200.—.
,, ,, ,, 4 ,, ,, ,, - 13650.— ,, ,, ,, ,, ± - 1530.—.

Aantal KM per jaar	5 000		10 000		15 000		20 000		25 000		30 000	
	2-tons wagen	4-tons wagen	2-tons wagen	4-tons wagen	2-tons wagen	4-tons wagen	2-tons wagen	4-tons wagen	2-tons wagen	4-tons wagen	2-tons wagen	4-tons wagen
5 % renteverlies van f 8700 en f 15220	f 435	761	435	761	435	761	435	761	435	761	435	761
10 % Amortisatie over 5000—10 000 KM	- 870	1522	870	1522								
15 % ,, ,, 11 000—15 000 ,,					1305	2 263						
20 % ,, ,, 16 000—25 000 ,,							1 740	3 044	1 740	3 044		
25 % ,, ,, 30 000 ,,											2 175	3 005
Banden f 12 en 15,80 per 100 KM . .	-600	790	1 200	1 580	1 800	2 370	2 400	3 160	3 000	3050	3 600	4 740
Benzine 25 en 40 L per 100 KM . . bij 25 cent per L	- 312,50	500	625	1000	937,50	1 500	1 250	2 000	1562.5	2 500	1 875	3 000
Olie en vet, enz. f 1,25 en f 2,34 per 100 KM	- 63	117	125	234	188	351	250	460	313	595	375	702
Reparatiekosten f 2,50 en f 4 per 100 KM	- 125	200	250	400	375	600	500	900	625	1 000	750	1 200
Chauffeur f 50 per maand	- 600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Assurantie	- 200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Totaalkosten:	f 3205.50	4 690	4 305	6 297	5 840.50	8 665	7 375	11 033	8 475.50	12 640	10 010	15 008
Kosten per KM	- 0.641	0.938	0.430	0.6297	0.389	0,577	0.368	0,552	0.339	0.506	0.333	0.500
Kosten per ton KM heen belast en leeg terug totaal 2 × en 4 × het halve KM aantal	- 0.641	0.469	0.430	0.3148	0.389	0.289	0,368	0,276	0.339	0.253	0.333	0.250

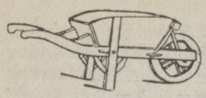


Fig. 11.

Grintkruiwagens (fig. 11) sterk, met iepen boomen en pooten en breed zwaar wiel prijs per stuk . . . . f 5,75

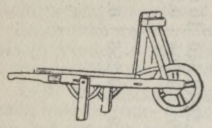


Fig. 12.

Metselsteenwagens (fig. 12) met iepen boomen, pooten en kopschoren, prijs per stuk - 5,50

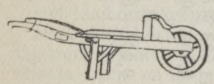


Fig. 13.

Basaltsteenwagens of steenburrie fig. 13) geheel van iepenhout, prijs per stuk . . . - 6,50

Diverse transportwagens.
(Prijzen vóór den oorlog).

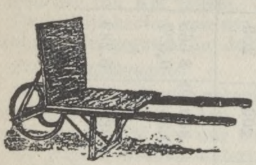


Fig. 14.

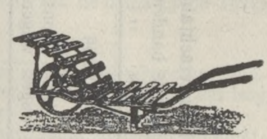


Fig. 15.

IJzeren steenkarren (fig. 14) prijs per stuk . . . . f 12,— tot f 14,—
Sportenkarren (fig. 15) prijs met pitchpine-sporten . . . . . - 12,— ,, - 18,—

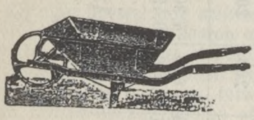


Fig. 16.



Fig. 17.

IJzeren aschkarren (fig. 16) prijs per stuk . . . . f 18,— tot f 24,—
,, mortel- of speciewagens (fig. 17) prijs per stuk . . . - 16,— ,, - 18,—

Steekwagens (fig. 18).

Geheele lengte in M ong.	Breedte in M ongeveer	Draagvermogen in KG	W eldiameter in mM	Prijs in Gld.	Aanmerkingen
1,72	0,47	zwaar werk		50,00	van zwaar esschenhout met gesmeed ijzerbeslag, evenals de wielen, welke voorzien zijn van zware uitgedraaide bussen
1,56	0,46			44,00	
1,43	0,44			37,50	
1,15	0,43			36,00	
1,10	0,47	150	175	7,20	ijzeren zakwagens.
1,15	0,47	200	200	8,70	
1,25	0,53	400	220	13,00	
1,35	0,65	500	240	17,30	ijzeren steekwagens;
1,45	0,67	750	240	18,75	



Fig. 18.

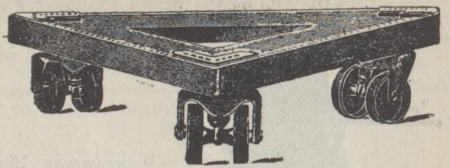
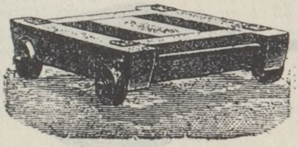


Fig. 19.

Rolwagens (fig. 19) driekant en vierkant. Prijs der drie-kante wagens met draagkracht van 500—1500 KG en hoogte van den grond van 12 tot 21 cM per stuk . . . . f 8,— tot f 22,—

Prijs der vierkante wagens met draagkracht van 500—3000 KG en hoogte van den grond 14 tot 28 cM, per stuk . . . - 14,— „ - 70,—



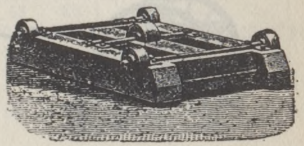


Fig. 20.

Kistenrolwagens (fig. 20) draagvermogen 100—1000 KG. Prijs per stuk . . . . f 13,— tot f 20,—



Fig. 21.

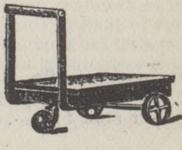


Fig. 22.

Platformwagens met 3 of 4 wielen (fig. 21 en 22) zijn in verschillende vormen verkrijgbaar. Afmetingen der platformen 60 × 60 tot 85 × 150 cM en draagvermogen van 300 tot 1000 KG. Prijzen per stuk 20 tot 40 gulden.

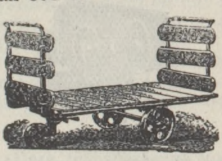


Fig. 23.

Bagagewagens (fig. 23) afmetingen 80 × 120 tot 130 × 260 cM. draagvermogen 750 tot 1500 KG.

Prijs f 60,— tot f 120,—.

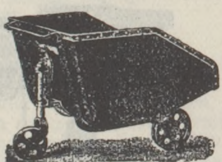


Fig. 24.

Kolenwagens voor ketelhuizen (fig. 24 en 25) inhoud 250 tot 650 Liter, geheel van ijzer.

Prijzen van f 45,— tot f 85,—



Fig. 25.

Veeloopwagens (fig. 26) lang 520 en breed ± 115 cM.
Prijs met ijzeren wielen f 140,—
„ „ houten „ f 150,—

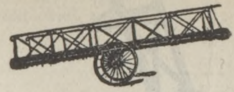


Fig. 26.

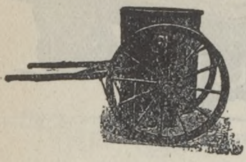


Fig. 27.

Waterwagens (fig. 27) met verzinkt ijzeren watervat van ± 250 L inhoud. Radmiddellijn 100 cM.
Prijs met houten wielen f 65,—, met ijzeren wielen f 60,—.

Slikkarren (fig. 28). Het omslaan geschiedt door het opheffen der boomen. Inhoud 200—300 Liter; radmiddellijn 100—120 cM. Prijs f 60,— tot f 75,—

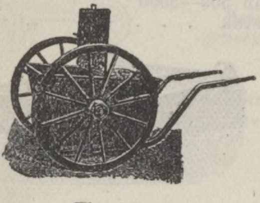


Fig. 28.

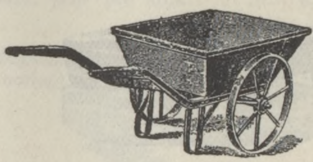


Fig. 29.

Mestkarren (fig. 29. Inhoud 200 Liter, radmiddellijn 60 cM. Prijs met ijzeren wielen f 40,—; met houten f 45,—.

Slangenwagens (fig. 30). Haspel lang 50 cM, middellijn 30 cM, schijfmiddellijn 60 cM.
Prijs per stuk f 20,—.

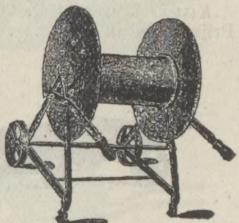


Fig. 30.

Loopkatten.
(Prijzen vóór den oorlog).



Fig. 31.

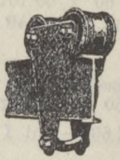


Fig. 32.

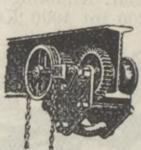


Fig. 33.

Loopkatten ingericht voor het ophangen van takels: (fig. 31—33) zonder mechanische beweging en (fig. 34—37) met mechanische beweging.



Fig. 34.



Fig. 35



Fig. 36.

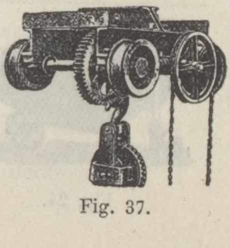


Fig. 37.

Draagkracht in KG	250	500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000
Geschikt voor normaal-profielen: I-balken N.P. Nr.	14	18	20	22	24	28	32	34	38	40	42½
Fig. 31. Prijs in Gld.	7,50	9,50	12,00	14,00	15,50	19,50					
Gewicht circa KG . .	10	14	18	22	28	34					
Fig. 32. Prijs in Gld.	15,—	17,50	21,50	23,50	24,25	32,75					
Gewicht circa KG . .	20	26	38	46	60	70	—	—	—	—	—
Fig. 33. Prijs in Gld.	—	13,00	17,25	19,50	21,50	26,00	34,00	43,25	—	—	—
Gewicht circa KG . .	—	10	19	27	35	54	64	77	—	—	—
Fig. 34. Prijs in Gld.	—	19.75	21,50	24,50	27.00	31,00	37,00	41,50	—	—	—
Gewicht circa KG . .	—	22	30	34	40	54	62	74	—	—	—
Fig. 35. Prijs in Gld.	—	23,75	0,25	34,50	39,00	47,50	58,50	64,75	71,00	80	120,—
Gewicht circa KG . .	—	34	40	50	64	82	100	130	170	170	220
Fig. 36. Prijs in Gld.	—	26,00	28,00	31,00	33,50	39,00	53,50	62,00	—	—	—
Gewicht circa KG . .	—	25	31	37	47	68	88	105	—	—	—
Fig. 37. Prijs in Gld.	—	—	50,00	58,50	68,00	80,00	92,50	108,—	117,—	123,25	159,—
Gewicht circa KG . .	—	—	60	70	80	110	142	170	200	240	300
Handketting voor de voortbeweging per strekkenden M . . f	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90

Transporteurs.

Schroeftransporteurs.

Schroeftransporteurs worden naar den aard van het te transporteeren materiaal, gemaakt met schroefbladen uit staalplaat vervaardigd, òf van gegoten ijzer òf met spiralen uit rond of vierkant staal. De laatste zijn aan te bevelen, wanneer de te transporteeren stof tevens gemengd moet worden. De goten worden van hout of staalplaat vervaardigd; schroeven, welke aan veel slijtage onderhevig zijn, voor het transporteeren van cement, gips, kalk, phosphaat, enz., worden voorzien van gepatenteerde schroefbladen, welke aan den buitenomtrek dikker zijn dan aan den binnenomtrek, waardoor slijtage gelijkmatig over het geheele schroefvlak plaats heeft.

De diameter van de schroef wordt geleverd in grootten van 100—300 mM.

Wiptransporteurs.

Wiptransporteurs transporteeren bijna alle materialen en producten in vlakke bakken in horizontale of eenigszins schuine richting. De voordeelen zijn, dat van de getransporteerde stof niets achterblijft, dat zoowel groote als kleine stukken kunnen worden vervoerd en dat zij tevens geschikt zijn voor het sorteeren, zeven en ontwateren van de meeste stoffen. Zij kunnen op elke willekeurige plaats worden aangedreven.

De transporteurs worden gemaakt voor vermogens van 24 tot 96 LH per uur voor melige stoffen en van 48—192 HL per uur voor grofkorrelige stoffen. De breedte van de goot bedraagt 200—800 mM.

Schraap- of sleeptransporteurs.

Deze transporteurs worden met succes toegepast voor het bedienen van automatische stookinrichtingen in ketelhuizen en zijn door het geringe krachtsverbruik en de weinige slijtage in sommige gevallen verre te verkiezen boven schroeftransporteurs.

Bandtransporteurs.

Brandtransporteurs worden gebruikt voor het transporteeren van graan, steenkolen, cokes, zand, aarde, papier, katoen, zaagsel, enz. en ook voor het transporteeren van balen, pakken, enz. Door hun gering krachtsverbruik en geringe slijtage zijn zij in de meeste gevallen boven andere transporteurs te verkiezen. De normale bandbreedten zijn van 300 tot 800 mM. De leirollen zijn vlak of gootvormig en in het algemeen van staal. Verder zijn de bandtransporteurs voorzien van automatische spaninrichtingen, waardoor temperatuur en vocht geen invloed op rekken en krimpen van den band hebben. Goedkooper is de uitvoering met hand-spaninrichtingen,

welke evenwel toezicht vereischen. Om het transportgoed op elke gewenschte plaats van den band te kunnen storten, worden stortwagens gebruikt, welke over de geheele lengte van den band verplaatsbaar zijn en door middel van een rem kunnen worden vastgezet. Voor kleine bandbreedten worden de wagens met de hand, voor grootere mechanisch verplaatst. De diameter der vóór- of achterrollen bedraagt 300—1000 mM.

Elevators of Jacobsladders.

Jacobsladders worden in den regel loodrecht gemonteerd; zij kunnen evenwel zonder bezwaar eenigszins schuin staan. Naar gelang van het te verwerken materiaal wordt ketting- of riembeweging toegepast en de ladder geheel van hout gemaakt met ijzeren onder- en bovenbak of geheel van ijzer. De assen loopen in ringsmeerblokken. Voor het spannend aanloopen van den ketting wordt de bovenbak veelal van een hand-spaninrichting voorzien; wanneer een riem gebruikt wordt, is deze inrichting niet noodzakelijk. Bij groote elevators worden ook automatische spaninrichtingen geleverd.

De elevatoren worden gemaakt voor te vervoeren hoeveelheden van 6—36 M³ per uur.

Heiwerken en Heiwerktuigen.

Handheien.



Fig. 1.

De handheien zijn blokken veelal van rechtdradig taai eiken-, beuken- of iepenhout, van 20 tot 60 KG zwaar, welke door 1 tot 4 man rechtstreeks worden gelicht. De hefkracht van een man bij een dergelijke hei wordt gemiddeld op 12 tot 13 KG gesteld. De blokken worden het doelmatigst achthoekig gemaakt en van 2 of 4 houten beugels voorzien, welke zoolang mogelijk moeten worden gehouden, om het afglijden der handen te vergemakkelijken. (fig. 1).

Het zwaartepunt van het blok moet steeds beneden het aangrijpingspunt en zoo laag mogelijkliggen.

Trekhandheien.

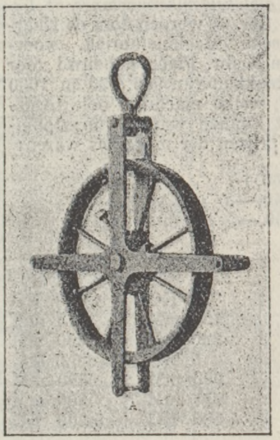


Fig. 2.

Bij de trekhandheien wordt gebruik gemaakt van een heistelling met rammelschijf, waarover het touw loopt, waaraan het heiblok bevestigd is. Het laatste is meestal van hout (eiken) met een gewicht van 300 tot 600 KG, liefst niet zwaarder dan 400 KG. Bij aanhoudend bedrijf valt op een trekkracht van 15 KG per man te rekenen bij een gemiddelde hefhoogte van 1,20 M van het blok. Per man is minstens 0,5 M^2 plaatsruimte benoodigd. Na 25 à 30 slagen moet een rusttijd van ongeveer 2 minuten volgen. In het algemeen wordt dan ongeveer den halven werktijd geheid. In niet al te zwaren klei- of zandgrond slaan 10 man met een trekhei per dag van 10 werkuren 10 à 15 palen van 5 Meter of 8 à 12 M damwand van 4 M lengte in. Om de stramheid en de wrijving van het touw te verminderen zal men de middellijn van de rammelschijf zoo groot mogelijk (0,60 à 1,20 M) moeten nemen.

Prijzen van heimaterialen vóór den oorlog:

houten heiblokken van 300—600 KG f 40,— à f 60,— dubbele tuien per stuk f 80,— à f 90,—
heireepen per stuk f 30,— à f 35,—
rammelschijven: (fig. 2) zonder veer, diameter wiel 750 mM, draagvermogen 1200 KG f 75,—
idem met veer . . . . - 110,—

Kleinere rammelschijven (half- of heel kruisraam):

diameter	10	12	14	16	18	20	22	Eng. duim.
voor touwdikte van	1¹/₈	1¼	1³/₈	1½	1½	1½	2	,, ,,
prijs in Gld.	3,10	3,90	4,75	5,70	6,60	8,—	9,—	

Stoomtrekheien.

Materieel en bediening.

Voor het heien bij fundeeringwerk gebruikt men hier te lande in het algemeen de zoogenaamde *Hollandsche*, heistelling met een heiploeg bestaande uit een heibaas met

zijn handlanger, een handelsman, een stoker en twee man voor de koptouwen. Deze beide laatste zijn dan tevens belast met het ringen, aanprikken en zoo noodig punten der palen.

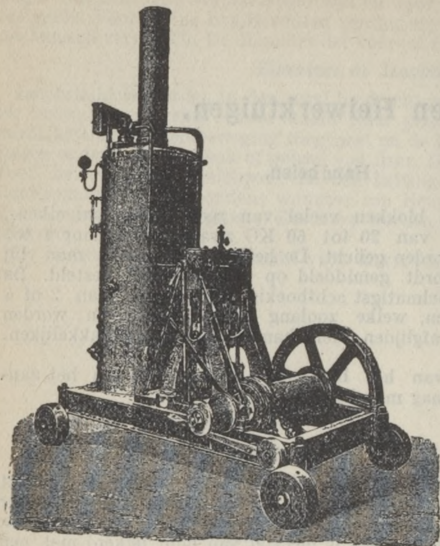


Fig. 3.

Zakken de palen moeilijk, dan kan een der beide koptouwmannen tevens stoker zijn en kan de handlanger in den put ook uitgewonnen worden.

Bij de stoomheilier heeft men behalve den machinist of stoker nog een waterdrager.

In het algemeen gebruikt men gewone hoogedruk-heimachines met twee cilinders, welke gemakkelijk te bedienen zijn en compound-heimachines met twee cilinders, welke zeer voordeelig werken, maar meer geoefende werklieden vorderen. De heimachines met drie cilinders, gebouwd met het oog op een rustigen gang, hebben weinig toepassing gevonden.

Valblokstoomheimachines of lieren (fig. 3) worden door de Haarlemsche Machinefabriek, voorheen Gebr. Figée, gebouwd voor valblokken van 500, 750 en 1000 KG, welke machines ook toegepast kunnen worden voor stoomblokken met gewichten van 500, 625 en 900 KG. De prijzen der machines waren:

voor valblok zwaar 500 KG f 2060,—.
voor valblok zwaar 750 KG f 2640,—.
voor valblok zwaar 1000 KG f 2800,—,

De hoofdafmetingen en gewichten zijn als volgt:

Gewicht van het valblok	500 KG	750 KG	1 000 KG
Diameter der stoomcilinders	125 mM	150 mM	175 mM
Slaglengte	220 mM	220 mM	200 mM
Verwarmend oppervlak van den ketel .	4 M^2	5 M^2	6,3 M^2
Diameter van de rol voor de heireep .	275 mM	300 mM	300 mM
Vrije lengte van de rol voor de heireep .	750 mM	800 mM	800 mM
Gewicht der complete machine . . .	3 900 KG	4 500 KG	5 200 KG

Bij de toepassing van stoomblokken moeten de stoomketels voor ingespannen heiwerk in zwaren grond grooter zijn.

Het steenkolenverbruik is 4—6 HL per dag; de smeermiddelen vorderen een uitgave van ongeveer f 0,50 per dag.

Met deze soort stoomheien worden palen van 12 tot 18 Meter lengte (30 à 35 cM middellijn) in slappen grond als te Amsterdam geheid in 10 à 12 minuten; palen van 8—12 Meter lengte (25 à 30 cM middellijn) in minder slappen grond in 12 à 15 minuten.

Voor het stellen der palen kan men rekenen een tijdruimte noodig te hebben van 20—25 minuten. In het algemeen heit men naar gelang van de grondsoort 15 tot 25 palen der dag.

De hoeveelheid damwand, welke kan worden geheid, bedraagt in slappe gronden 12 à 16 M^2, in minder slappe gronden 8 à 12 M^2 en in vastere gronden 6 à 8 M^2.

Stoomblokheien en diverse stoomheien.

Stoomblokheimachines (fig. 4) worden door de Haarlemsche Machinefabriek geleverd met houten en ijzeren heistelling in de volgende afmetingen en gewichten:

Stoomblok		A	B	C	D	E	F
Valgewicht v/h blok		300 KG	500 KG	625 KG	900 KG	1 200 KG	1 500 KG
Slaglengte v/h blok		800 m/M	1 000 m/M	1 300 m/M	1 450 m/M	1 650 m/M	1 950 m/M
Gewicht v/h complete blok	Gietijzer	300 KG	500 KG	625 KG	900 KG	1 200 KG	1 500 KG
	Smeedijzer	150 KG	250 KG	325 KG	450 KG	600 KG	750 KG
Scharnierstoompomp							
Gew. v/d scharnierpijp		50 KG	55 KG	55 KG	65 KG	65 KG	65 KG
Stoomketel							
Verwarmd oppervlak		3 M²	4 M²	5 M²	6,3 M²	9,5 M²	11,3 M²
Gewicht v/d completen ketel	Gietijzer	165 KG	175 KG	275 KG	350 KG	450 KG	550 KG
	Smeedijzer	975 KG	1 175 KG	1 375 KG	1 850 KG	2 350 KG	2 950 KG
Stoomlier							
Gewicht v/d complete lier	Gietijzer	725 KG	725 KG	725 KG	1 175 KG	1 175 KG	1 650 KG
	Smeedijzer	140 KG	140 KG	140 KG	225 KG	225 KG	350 KG
Complete stoomblokhei		*Met ijzeren stelling.*			*Met houten stelling*		
Lengte der heipalen		3—5 M	6 M	6 M	12 M	12 M	12 M
Gewicht en M³ hout voor de compl. hei	Gietijzer	1 700 KG	1 900 KG	2 200 KG	3 050 KG	3 450 KG	4 300 KG
	Smeedijzer	4 500 KG	4 800 KG	5 100 KG	3 600 KG	4 300 KG	5 100 KG
	Hout	—	—	—	6,50 M³	7,00 M³	7,50 M³
ijzerwerk voor houten stelling							
Gewicht v/h ijzerwerk	Gietijzer	450 KG	500 KG	500 KG	600 KG	600 KG	650 KG
	Smeedijzer	750 KG	800 KG	800 KG	1 000 KG	1 000 KG	1 100 KG
Complete stoomblokhei doch zonder stelling en met ijzerwerk voor houten stelling.							
Gewicht	Gietijzer	1 700 KG	1 900 KG	2 200 KG	3 050 KG	3 450 KG	4 300 KG
	Smeedijzer	2 100 KG	2 300 KG	2 700 KG	3 600 KG	4 300 KG	5 100 KG

Diverse stoomheien.

Bij de bij de Bommeler spoorbrug en elders gebezigde *stoomhei van Nasmyth* was het gewicht van het heiblok 1060 KG, de valhoogte 65—70 cM en het aantal slagen 60 tot 65 per minuut. Voor dagloon en steenkool werd per dag 17 gulden betaald. Doorgaans werden dagelijks 8—12 palen geheid. Daar het blok niet met zijn geheele gewicht werkt, is de veiligheids-coëfficiënt niet minder dan 10 te nemen.

Bij de *Fransche* of *Morissons stoomhei* werkt de stoom boven den zuiger en neerdrukkend. Bij het inheien der palen van het Rotterdamsch viaduct had het blok een gewicht van 700 KG en deed per minuut ± 66 slagen bij een stoomspanning van 3½ atmosfeer.



Fig. 4.

De *stoomklinkhei* bij de Nederl. Staatsspoorwegen in gebruik, had een heiblok zwaar 600 KG en deed per minuut 10—12 slagen bij een valhoogte van ± 0,60 M. De dagelijksche kosten aan kolen, loon, enz. beliepen ± f 13,—. Een bezwaar is de groote slijtage der onderdeelen. De veiligheidscoëfficiënt kon op 6 aangenomen worden.

Het stoomverbruik en daarmede het kolenverbruik is bij stoomheien aanzienlijk meer dan bij de gewone stoomtrekhei.

Stoomheiblokken. (fig. 5) zonder heistelling, alleen zich bewegende tusschen twee geleiders, kunnen voor kleine heiwerken met voordeel worden gebezigd. De benoodigde ketelspanning is 7 atm. Een blok no. 4 zwaar ± 365 KG (v. d. firma Linde-Teves-Stokvis) werd in Indië gebezigd voor het indrijven van een stalen damwand 6 M diep in vrij harden kalibodemi n 6 à 8 uren tijds. Het aantal slagen is ongeveer 250 per minuut.

Electrische heimachines.

De constructie van de in ons land in den laatsten tijd gebruikelijke electrische hei-machines is in hoofdzaak een navolging van de stoomheilier, waarbij de stoommachine vervangen is door een electromotor, veelal van 6—10 PK (hefsnelheid 1 tot 1,5 M per sec.) De electromotor draait steeds door en wordt niet vóór den val van het blok gestopt. Gemiddeld bedraagt het stroomverbruik in het bedrijf ± 4 K.W.uur per uur en is de machine voordeeliger dan de stoomheilier, wanneer de stroomprijs niet meer dan f 0,18 per K.W.uur bedraagt. Een verder voordeel is, dat het bedrijf slechts 5 man eischt, bij de stoomheilier veelal 6 man.

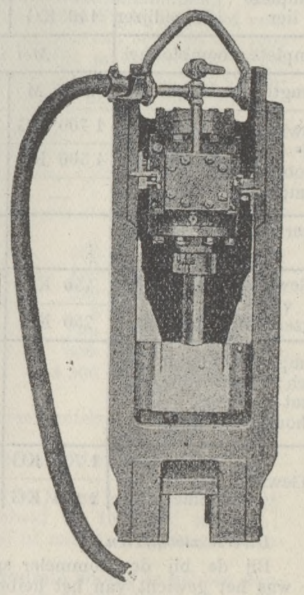


Fig. 5.

Het gewicht van zulk een heimachine bedraagt voor een blok van 350 KG gewicht totaal 1000 KG.

Prijzen van electrische heimachines (1917):
voor een valblok van 500 KG met 15 PK draaistroommotor compleet f 1100.—
Idem voor valblok van 1000 KG met 30 PK motor compleet f 1700,— (alles zonder electr. geleidingen).

Aan de electrische heimachine zijn de volgende voordeelen verbonden: geen stoomketel (geen brandstof- en wateraanvoer, geen rookgassen, geen stoker) onmiddellijk bedrijfsvaardig en buiten dienst; gering gewicht en volume (in den bouwput dus gemakkelijk transport); machine en stelling eenvoudiger op één gemakkelijk verplaatsbaar onderstel aan te brengen; doelmatig voor vele andere doeleinden te gebruiken.

Heipalen en heiwerk.

Houten heipalen.

Deze hebben tot nu toe in ons land nog het best voldaan, maar worden wegens de houtschaarschte duur. Zij zijn verkrijgbaar in lengten tot 18 Meter. De dikte wordt gemeten op 1 M uit het stameind zonder de schors en wel volgens omtrek of middellijn. Voor de levering moeten de palen evenwel van bast zijn voorzien en het hout recht en lijvig zijn.

Kosten van het heiwerk met houten heipalen:

Behalve de reeds genoemde gegevens, kunnen de volgende opgaven voor de begrooting van heiwerken van nut zijn:

Het heiwerk van palen van gemiddelde lengte werd vóór den oorlog in Holland veelal aangenomen voor f 0,25 à f 0,50 den Meter lengte paal, naar gelang van de hoedanigheid van den grond en de ligging van het werk.

Palen inheien.

palen van gemiddeld 8 Meter lengte:

kosten van den paal	f 5,60
kruinen en punten	- 0,20
heien	- 3,—
machine, kolen, heistelling	- 0,80
samen	f 9,60 of per M f 1,20.

palen van gemiddeld 12 Meter lengte:

kosten van den paal	f 10,80
kruinen en punten	- 0,20
heien	- 3,50
machine, kolen, heistelling	- 1,10
samen	f 15,60 of per M f 1,30.

Betonpalen.

Betonheipalen, welke direct worden geheid, zijn eerst vooraf gereedgemaakt en van gewapend beton (zie bij „Gewapend betonwerk”).

Onder de palen, welke op het werk worden vervaardigd, heeft men verschillende systemen, te weten:

Systeem „de Waal”. Volgens dit systeem wordt op het werk een buis van gewapend beton gemaakt met een uitwendige middellijn van 40 cM en een inwendige van 13 cM. Deze buis wordt door uitpulsen van den grond met lieren in den bodem gedreven. De vulling geschiedt eerst met bussen en daarna met plaatijzeren kegels (torpedo's) van 1 à 2 L inhoud gevuld met stijf aangemaakt beton. Elke buis wordt met een cylindervormig blok van 400 KG tot den onderkant van den paal weggeslagen om een vasten dragenden paalvoet te krijgen.

Het *systeem „Wilhelmi”* bestaat volgens het gewijzigd systeem in het inheien van een ijzeren mantel van 38 cM middellijn gevuld met versch beton. De mantel is aan de onderzijde open om tijdens het heien een verbreeden voet te verkrijgen; evenwel wordt, wanneer dit niet gelukt, de buis aan de onderzijde met een houten prop afgesloten om binnendringen van grond en grondwater te beletten. De ijzeren mantel wordt later weder uitgetrokken.

Bij het *systeem „Handl”* maakt men gebruik van een buis van 28 cM middellijn aan de onderzijde voorzien van 6 kleppen, die tegen elkaar sluitende een pyramide vormen als punt. De buis wordt gedeeltelijk met beton gevuld en door een cylindervormig blok, dat in de buis wordt op en neer gehaald, in den grond gedreven. Is de buis op diepte, dan wordt ze getrokken, nadat of waarbij de kleppen geopend worden en het beton nog nageslagen wordt. De verdere vulling geschiedt onder verder optrekken der buis en beheien van het beton in de buis.

De vooraf gereedgemaakte palen van gewapend beton zijn hoekig van doorsnede en worden eerst na 4—6 weken verharding geheid. Het heien moet geschieden met zware blokken tot 4 ton gewicht, maar bij geringe hefhoogte (van ± 50 cM); het best is een stoomhamer,

Beschadiging van den paalkop moet worden vermeden door op den paal een muts met dwarsschot te plaatsen van gietstaal of vloeiijzer, welke ruim over den paalkop heen glijdt. Tusschen paalkop en dwarsschot moet een plastische laag van poetskatoen, lood of zacht hout worden aangebracht boven het schot een prop van een harde houtsoort.

Bij het heien van schoorpalen wordt aanbevolen deze zoo min mogelijk uit den loodrechten stand te zetten, wanneer voorspuiten onmogelijk is en zoo dit wel mogelijk is, is de helling te beperken tot 1 op 3.

Volgens ervaring geven lasschen in de langswapening voor verlenging van den paal in het werk steeds min of meer beschadiging van den paal ter plaatse van de lasch.

Gemiddeld kan men rekenen op 6 tot 8 palen heien per dag bij ± 10 M paallengte.

Voor wapening der palen zie verder bij „Gewapend beton".

Inspuiten van damplanken, enz.

Heeft men geen kleigrond of dichten veengrond, dan kan men met voordeel de palen of planken met behulp van den waterstraal inspuiten. Ook waar de grond tengevolge van de dicht op elkaar staande palen is samengedrukt, en om scheef staande palen weder recht te zetten, daar de paal steeds naar die zijde dringt, waar gespoeld wordt. Het is voordeeliger met meer water dan met hoogeren druk van het water te spuiten. Gemiddeld is niet meer dan 8 atm. druk noodig; in zachten grond met gewonen waterleidingdruk.

De spoeling geschiedt het best in de as van de plank of door 2 pijpen aan elke zijde. Voor de pompen bezigt men plungerpompen, die zoo sterk kunnen persen als de grondweerstand vereischt; benoodigde capaciteit ongeveer 300—900 L per minuut.

In zandgrond als te 's-Gravenhage spuit men met waterleidingdruk ongeveer 50 à 70 stuks damplanken, lang 3 Meter, per dag.

Ook voor het inbrengen van palen is de waterstraal met succes te bezigen, juist in zandgrond, waar het inheien zoo bezwaarlijk is; noodzakelijk is het echter, dat de laatste halve of heele meter geheid wordt zonder spuiten, zoodat de punt in ongeroerden grond komt en de zanddeeltjes langs den omtrek weer vast inéénvlijen.

Voordeelen aan inspuiten verbonden: besparing aan tijd; minder gevaar voor het kapotheien, zoodat kleinere afmetingen gebezigd kunnen worden; een onjuist geplaatste paal is gemakkelijk te verwijderen; minder trillingen (gevaarlijk voor nabijgelegen kunstwerken).

Kosten van divers fundeeringswerk.

Damplanken inheien. (1912)

10 damplanken lang 3 M breed 0,28 dik 0,10 M = 0,840 M³ à f 30,—	f 25,20
spuiten à f 0,50 per stuk	- 5,—
samen	f 30,20
10% verlies aan messing en groef	f 3,02
	f 33,22

alzoo per M³ f 40,—

Werkzaamheden bij paalfundeeringen (1912):

het maken van pennen aan de palen en gaten in de kespen per pen en gat f 0,30.

het bevestigen van de kespen op de palen met het in de richting sjorren, en het maken van pen en gat inbegrepen, per M lengte f 0,50 bij zwaar fundeeringswerk en f 0,30 bij licht werk.

In bestekken vóór den oorlog vond men voor verschillend heiwerk ongeveer de volgende eenheidsprijzen:

Havens (Terschelling, Scheveningen) en Rijkszeewerken:

1 M³ beslagen eikenhout met inheien	f 75,—	tot	f 90,—
1 M³ „ djatti of groenhart met inheien	- 110,—	„	- 140,—
1 M³ „ manbarklak of jarrah met inheien	- 100,—	„	- 130,—
1 M³ „ grenen met inheien	- 50,—	„	- 60,—
1 M³ Noorsch grenen paalhout met inheien	- 30,—		
1 M³ gecreosoteerd vierk. beslagen dennenhout met inheien	- 45,—		
1 M³ „ bezaagde dennen voor damwand	- 72,—	„	- 76,—

Onderhoud Noordzee- en Merwede-kanaal:

1 M³ beslagen groenharthout met inheien	- 130,—
1 M³ „ „ „ „ voor palen langer dan 17 M	- 150,—
1 M³ „ jarrahhout met inheien	- 125,—
1 M³ „ eikenhout „ „	- 90,—
1 M³ vierkant beslagen eikenhout met inheien voor palen over 3 Meter uit den kop vierkant bezaagd niet zwaarder dan 0,28 × 0,28 M	- 76,50
Idem voor palen zwaarder dan 0,28 × 0,28 M	- 90,—

Hef- en hijschwerktuigen.

Litteratuur.

W. L. Andrée. — Die Statik des Kranbaues.

H. Bansen. — Die Streckenförderung.

H. Bethmann. — Die Hebezeuge, Vieweg & Sohn.

A. Böttcher. — Die Krane, München.

J. Boulvin. — Cours de mécanique appliquée aux machines, 8e fascicule, Appareils de levage, transmission de travail à distance.

M. Buhle. — Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Massengütern) Band I und II Band III.

M. Buhle. — Massentransport.

G. Dieterich. — Die Erfindung der Drahtseilbahben.

G. Dreyer. — Skizzen und Tabellen über Hebezeuge.

Ad. Ernst. — Die Hebezeuge, 2 Bd. Springer Berlijn.

Lincke cs., — Lasthebemaschinen, Elektr. Antrieb. 2 Aufl. 1908, W. Engelmann, Leipzig.

B. Gerdau. — Lösch- und Ladevorrichtungen für Schiffe und Eisenbahnen.

M. J. Gutermuth. — Skizzen zu den Vorlesungen über Lasthebemaschinen.

G. von Hanffstengel. — Die Förderung von Massengütern, Bd. II.

G. von Hanffstengel. — Billig Verladen und Fördern.

L. Hintz. — Handbuch der Aufzugstechnik. (Personen-und Lastenaufzüge und ihrer Sicherheitsvorrichtungen).

H. Robinson. — Hydraulic power and hydraulic machinery.

W. Pickersgill. — Lasthebemaschinen. Mit Atlas, 1905.

A. Polhausen. — Flaschenzüge, Winden, Krane und Aufzüge, mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Hebezeuge.

L. Rousselet. — Mécanique, électricité et constructions, appliquées aux appareils de levage.

Schriften des Vereins deutscher Revisions Ingenieure. — Anleitung zur Untersuchung der Hebezeuge und Prüfung ihrer Tragorgane im Betriebe.

W. S. Smith. — Report of the construction, arrangement and fencing of hoists and tackles.

P. Stephan. — Die Luftseilbahnen.

W. H. Uhland. — Die Hebe-Apparate.

E. F. Walker. — Die elektrischen Aufzüge zur Personen- und Warenbeförderung.

G. F. Zimmer. — The mechanical handling of materials.

P. Zizmann. — Die Krane.

Dommekrachten (winden).

Enkelvoudige dommekracht (fig. 1).

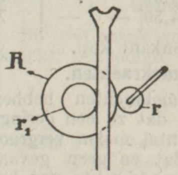


Fig. 1.

Is a de lengte van den krukarm, r en r_1 de stralen van beide rondsels, R van het rad, dan is de kracht K noodig om den last L te heffen (afgezien van de wrijvingsweerstanden, welke op ± ¼ van den last kunnen worden gesteld).

$$K = \frac{r\,r_1}{aR}\,L$$

Bij de *dubbelwerkende dommekracht* is $K = \frac{r\,r_1 r_2}{aR\,R_1}\,L$

waarin r_2 en R_1 de stralen van het bijkomende rondsel en rad.

Met een enkelvoudige dommekracht kan een persoon, welke voor korten tijd een kracht van 40 KG kan uitoefenen, een last van ongeveer 500 KG opheffen, welk gewicht bij gebruik van een dubbele dommekracht tot 2200 KG kan aangroeien.

Het gewicht van de normale dommekrachten bedraagt ongeveer 15—30 KG.

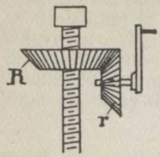


Fig. 2.

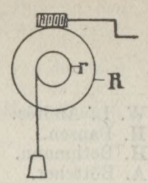


Fig. 3.

Bij de *Engelsche dommekracht* (fig. 2) is evenals bij de schroef zonder einde (fig. 3):

$$K = \frac{r\,h}{2\pi\,Ra}\,L.$$

waarbij h de spoed van de schroef,
a de lengte van den krukarm,
r de straal van het rondsel,
R de „ „ „ kamrad.

Gewone kelderwinden 500—624 mM hoog zonder klauw (met houten schacht): (fig. 4).

Hefvermogen in KG	Prijs voor enkele overbrenging vóór den oorlog.	Prijs voor dubbele overbrenging vóór den oorlog.
1 500	f 10,80	f 13,20
2 000	- 13,20	f 16,80
3 000	- 15,60	- 20,40
5 000	- 18,—	- 24,—



Fig. 4.

Heugeldrommekrachten met klauw (wagendommekrachten, fig. 4 met houten schacht). Prijzen in guldens (1912):

Afmeting heugel-stang mM	Draag-kracht in KG	Enkele overbrenging Hoogte in centimeter						Dubbele overbrenging Hoogte in centimeter						Gewicht voor de normale hoogte van 850 mMi. KG
		60	70	85	100	110	120	60	70	85	100	110	120	
		f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	
24×50	1 000	17,—	18,—	18,50	19,—	—	—	22,—	22,50	23,50	—	—	—	28
28×52	1 500	18,50	19,—	19,50	21,50	—	—	24,—	24,—	24,50	—	—	—	32
305×4	2 000	21,—	21,50	22,—	24,—	—	—	25,50	26,—	27,—	27,50	—	—	36
34×60	3 000	24,—	26,—	27,50	31,—	32,—	33,50	27,50	29,50	31,50	33,—	34,50	36,50	38
34×62	4 000	27,—	28,50	30,50	31,50	33,—	34,50	30,—	31,50	33,—	34,50	36,50	37,50	42
36×64	5 000	29,—	30,—	32,—	34,50	36,—	37,—	33,—	34,50	36,50	37,50	40,—	41,—	47
39×65	6 000	31,—	33,—	35,50	37,—	38,—	40,—	36,—	37,50	40,—	41,—	43,50	45,—	55
40×70	8 000	—	—	—	—	—	—	—	42,—	43,50	45,—	46,50	48,—	57
45×75	10 000	—	—	—	—	—	—	—	45,—	46,50	48,—	50,—	51,—	62
50×80	15 000	—	—	—	—	—	—	—	—	50,—	51,50	—	—	66
52×85	25 000	—	—	—	—	—	—	—	—	72,—	54,50	—	—	70

De hoogte wordt gerekend van onderkant voetplaat tot bovenkant kop.

Hydraulische dommekrachten.

De hydraulische dommekrachten hebben boven de andere dit voor, dat zij een geringe kracht een aanzienlijk aantal malen vergroot kunnen overbrengen en dat er geen gevaar bestaat bij het in het ongereede raken van het toestel. Zij eischen evenwel veel toezicht en moeten herhaaldelijk worden beproefd. Bij vorst moet 1 deel glycerine aan 2 deelen water worden toegevoegd voor drukvloeistof.

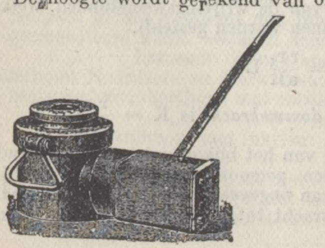


Fig. 5

Scheeps- of brugdommekrachten (fig. 5).

Lichtvermogen	KG	7 000	12 000	20 000	35 000	50 000	70 000	100 000	150 000	200 000
Hoogte in laagsten stand	mM	280	280	280	280	305	305	330	330	330
Hefhoogte	,,	155	155	155	155	155	155	155	155	155
Lengte	,,	355	380	405	430	480	535	585	735	840
Breedte	,,	155	180	205	230	230	380	405	460	535
Gewicht	KG	34	47	51	68	96	134	194	264	311
Prijs vóór den oorlog	f	75,—	86,—	99,—	120,—	144,—	219,—	279,—	330,—	399,—

Vijzels.

De vijzels remmen zich zelf, waardoor het nuttig effect steeds kleiner dan 0.50 wordt en in het algemeen niet meer dan 0,30 à 0,40 bedraagt. Het nut van een vijzel is, behalve de zelfremming, de groote overbrenging.



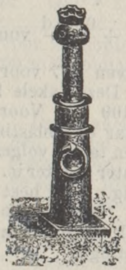


Fig. 6. Fig. 7.

Fleschvijzels. Zij hebben openliggenden of verborgen schroefdraad.

Prijzen van gewone vijzels met *open* draad (fig. 6): vóór den oorlog.

Lichtvermogen KG	Schroefmiddellijn mM	Prijs met doorboorden kop Gld.
2 000	38	4,15
3 000	42	5,—
5 000	50	7,80
10 000	63	15,10

Idem, met *verborgen* schroefdraad (fig. 7):

Lichtvermogen KG	Middellijn as in mM	Opzet hoogte mM	Prijs met doorboorden kop. Gld.
2 500	50	175	21,90
5 000	60	200	30,—
10 000	65	240	36,30
20 000	76	280	39,60

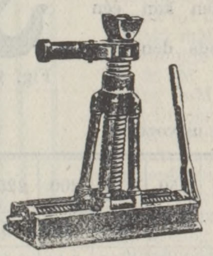


Fig. 8.

Traversvijzels (fig. 8).

Lichtvermogen	6	8	10	12	15	ton.
Schroefmiddellijn	50	50	57	57	63	mM.
Dwarsbeweging over een afstand van	175	175	240	300	380	mM.
Prijs	35	37	43	44	53	Gld.

Takels.

Gewone takels bestaande uit schijven en takelblokken.

Bij een *enkele vaste schijf* en voor henneptouw (fig. 9) is de kracht, benoodigd, om een last L te heffen:

$$K = L\left(1 + \frac{0{,}009\ \delta^2}{r} + \frac{f\,d}{r}\right) = a\,L$$

waarin r de straal van de schijf
d de middellijn van de schijfas of pen
δ de dikte van het touw
f de wrijvingscoëfficiënt voor slepende wrijving, gemiddeld op 0,1 te stellen.

Van de kracht gaat ongeveer 7 à 10 % verloren tengevolge van de wrijving en de stramheid van het touw.

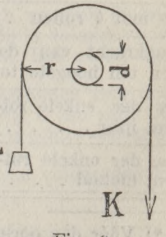


Fig. 9.

Evenzoo vindt men voor de kettingschijf:

$$K = L\left(1 + \frac{0,25\,\delta^2}{r} + \frac{f\,d}{r}\right)$$

waarin δ de dikte van den ketting.

Heeft men *meer* schijven, zooals bij *enkelvoudige* takels (fig. 10 en 11), waarbij om de blokken slechts één touw is geslagen, dan is de kracht K, noodig om een last L te heffen:

$$K = L\,a^n\,\frac{a - 1}{a^n - 1}.$$

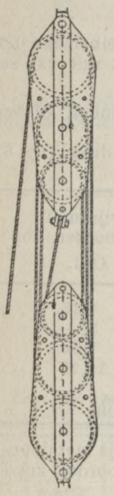


Fig. 10.

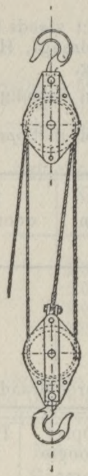


Fig. 11.

waarin n het aantal schijven en a te berekenen is uit de formule:

$$a = 1 + \frac{0,2\,\delta}{r} + \frac{0,08\,d}{r} \text{ voor kettingen}$$

$$a = 1 + \frac{0,009\,\delta^2}{r} + \frac{0,08\,d}{r} \text{ voor henneptouw}$$

Het grootst aantal schijven is 7 voor het bovenblok en 6 voor het onderblok. Deze takels kunnen worden gebezigd voor lasten tot 100 ton. Voor het tuien van beweegbare masten en waar de belasting meer gecentreerd moet blijven, worden takels volgens fig. 10 toegepast, waarbij de lengte echter grooter is.

Een takel volgens fig. 11 heet ,,derdehandje"; wanneer het vaste blok 4 en het losse blok 3 schijven telt, noemt men het ,,gijntuig".

Hijsch- of takelblokken:

De trekkracht van een man aan een ketting of touw is 30 tot 40 KG.

Met gewone takelblokken kan één man 100 KG hijschen.

Men heeft daarbij steeds den last vast te houden.

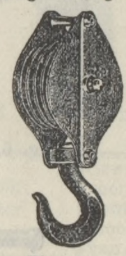


Fig. 12.

Touwblokken

met glad geslepen gleuven, sterke uitvoering.

Middellijn der rol op midden touw . . . . mM	65	85	100	120	125	150	175	200	225	250
Henneptouw dikte . mM	10	13	16	19	22	26	30	35	40	45
Prijs met 1 rol . . Gld*	1,35	2,15	2,55	3,15	4,15	4,85	5,75	7,90	9,90	13,10
Prijs met 2 rollen . Gld*	1,75	2,80	3,45	4,55	5,70	6,85	9,35	11,50	16,20	23,25
Prijs met 3 rollen . Gld*	2,25	3,55	4,60	6,05	6,50	9,45	11,10	14,70	20,70	28,50
Prijs met 4 rollen . Gld*	2,80	4,35	7,25	8,75	10,50	12,35	16,10	19,85	30,30	36,—
Draagkracht van de rollen ten hoogste tot KG	50	100	200	250	300	500	750	1000	1250	1500
Prijs der enkele rollen, ijzer . . . . Gld*	0,30	0,35	0,50	0,60	0,72	1,30	1,55	1,75	2,55	3,65
Prijs der enkele rollen, metaal . . . Gld*	0,65	0,90	1,30	1,75	1,90	4,10	4,75	5,25	7,50	12,45

*) Vóór den oorlog.

Staaldraadblokken hebben grootere schijven dan de touwblokken (fig. 12). Gleuven zuiver gesneden en gepolijst, blokken met metaalvoering.

Middellijn der rollen op midden draad . mM	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
Draaddikte . . . . mM	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Prijs met 1 rol . . Gld*	11,70	13,70	16,20	22,20	22,95	27,55	30,75	37,10	43,50	50,40
Prijs met 2 rollen . Gld*	15,60	17,65	22,10	26,10	28,80	40,65	46,80	58,—	63,90	73,80
Prijs met 3 rollen . Gld*	19,20	22,35	27,—	32,75	46,80	57,60	70,50	79,50	92,40	104,40
Prijs met 4 rollen . Gld*	22,50	22,95	32,40	38,—	55,80	68,70	78,—	100,80	109,80	130,50
Losse rol per stuk . Gld*	2,25	2,70	3,20	3,90	4,35	4,80	5,70	6,30	7,20	8,40

De blokken voor henneptouw worden van af 250 mM roldiameter, die voor staaldraad van af 200 mM roldiameter met beugel geleverd, in plaats van met haak.

Tandradtakels.

Deze takels zijn de beste van alle bestaande takels en komen in den handel onder verschillende namen als Triplex, Hadef, enz. Zij leveren van alle kettingtakels het grootste nuttig effect en wel tot 80 %. Zij werken met kamwielen en hebben een inrichting om den last te houden. Eén man kan 900 KG 1,22 M in de minuut ophalen met een nuttig effect van 0,80. De takels hebben tevens een korte bouwlengte (van haak tot haak).

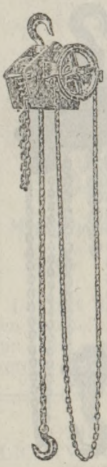


Fig. 13.

Takels merk ,,Hadef" (zonder uitschakelinrichting) fig. 13.

Draagkracht KG . .	250	500	750	1 000	1 500	2 000	2 500
Beproefd met ,, . .	375	750	1 100	1 500	2 250	5 000	3 750
Grootste lengte v. blok tot blok (binnenkant haak tot binnenkant haak) mM . . .	380	390	440	460	550	590	620
Lichthoogte p. minuut bij 30 M kettingbeweging mM	2 326	1 492	1 474	1 250	636	502	448
Gewicht der takels bij 3 M hijschh. in KG	24,5	28	34	43	66	79	88
Gewicht voor elken meerderen M . . .	1,6	2,7	3,5	4,1	4,9	5,7	6,9
Prijzen in gulden vóór den oorlog:							
met ketting voor 3 M hijschhoogte . . .	33,50	42,50	48,75	56,—	75,—	83,—	90,—
voor elken M meer .	1,05	1,15	1,30	1,60	1,80	1,95	2,35
van den handketting	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	2,—	2,—

Met uitschakelinrichting 6 à 10 gulden meer.

Weston's Patent Differentiaal Takels (fig. 14).

De Weston's takel is een enkelvoudige takel als fig. 14, doch waarvan de beide schijven in het vaste bovenblok ongelijke middellijn bezitten. Hij is de minst goede takel. Hierbij kan één man 360 KG 0,915 M per minuut lichten. Het nuttig effect is 0,35.

De diameters van de beide schijven van het bovenblok verhouden zich doorgaans als 22 tot 20, waardoor zonder wrijvingsverliezen K = $^1/_{22}$ L zou zijn. Ook hier daalt de last niet, wanneer men de halende part loslaat; er is echter een kracht noodig aan de andere of losse part om den last te doen zakken.

De Weston's Patent Differentiaal Takels, zijn alle voorzien van voldoenden ket-

*) Vóór den oorlog.

ting voor ± 3 M hijschhoogte. Andere hijschhoogten worden op bestelling geleverd. Prijzen van het gewone model met kettinggeleiders vóór den oorlog:

LICHT-VERMOGEN	Prijzen					
	Origineel Tangyes Fabrikaat		Prima Engelsch Fabrikaat		Prima Eng. fabrikaat m. Barnsley's Rolgeleiders.	
	Met 12,20 M ketting voor ± 3 M hijschhoogte	Extra per M hijschhoogte	Met 12,20 M ketting voor ± 3 M hijschhoogte	Extra per M hijschhoogte	Met 12,20 M ketting voor ± 3 M hijschhoogte	Extra per M hijschhoogte
¼ Ton	f 14,10	f 3,35	f 9,50	f 2,15	f 13,40	f 3,15
½ ,,	15,50	3,35	11,—	2,15	14,80	3,15
¾ ,,	17,10	3,65	13,25	2,60	16,30	3,40
1 ,,	18,45	3,65	15,75	3,—	17,70	3,40
1½ ,,	25,25	4,50	19,75	3,50	24,30	4,25
2 ,,	30,20	5,—	23,75	3,90	29,25	4,75
3 ,,	37,35	6,15	30,—	4,25	36,05	5,75
4 ,,	48,50	6,70	38,75	4,65	47,—	6,30

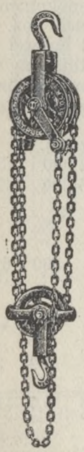


Fig. 14.

Schroeftakels.

Deze zijn na de tandradtakels de beste takels voor het heffen van lasten. Zij houden zelf den last op de geheschen hoogte; bij enkele heeft men tevens een vierinrichting. Met deze takels kan één man 770 KG 0,61 M per minuut lichten met een nuttig effect van 0,44, bij de beste 0,70. Men heeft deze takels onder verschillende namen in den handel. (Maxim, Stella, Securapid, enz.)

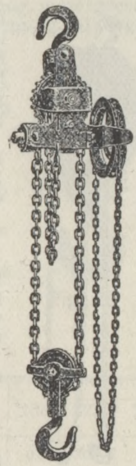


Fig. 15.

Prijzen (vóór den oorlog) der Duitsche schroeftakels „Securapid" (fig. 15). met dubbelen ketting en hakenrol.

No.	Maximaal-draag-vermogen KG	Proef-belasting KG	Grootste lengte geheel opgetrokken mM	Gewicht v. d. takel met ketting voor 3 M hefhoogte ca. KG	Gewicht v. d. ketting voor 1 M meerdere hefhoogte ca. KG	Prijs incl. alle kettingen voor 3 M hefhoogte Gld.	Prijs v. d. lastketting voor 1 M hefhoogte meer Gld.	Prijs v. d. handketting voor 1 M hefhoogte meer Gld.
1	500	750	470	28	4	35,40	1,20	1,25
2	1 000	1 500	670	35	4	42,—	2,30	1,25
3	1 500	2 250	760	43,5	5,5	46,20	2,50	1,25

Takel No. 1 is zonder onderblok.

Prijzen (vóór den oorlog) der Duitsche schroeftakels „Securapid" (fig. 15). met dubbelen ketting en hakenrol.

No.	Maximaal-draag-vermogen KG	Proef-belasting KG	Grootste lengte geheel opgetrokken mM	Gewicht v. d. takel met ketting voor 3 M hefhoogte ca KG	Gewicht v. d. ketting voor 1 M meerdere hefhoogte ca. KG	Prijs incl. alle kettingen voor 3 M hefhoogte Gld.	Prijs v. d. lastketting voor 1 M hefhoogte meer Gld.	Prijs v. d. handketting voor 1 M hefhoogte meer Gld.
4	2 000	3 000	810	61	7	58,—	2,75	1,25
5	3 000	4 500	950	77,5	9,5	72,—	3,—	1,25
6	4 000	6 000	980	100,5	11	87,—	3,35	1,70
7	5 000	7 500	1 050	116,5	14	99,—	4,—	1,70
8	6 000	9 000	1 200	155,5	17	122,—	5,—	1,70
9	7 500	11 250	1 320	187,5	20	159,—	6,10	1,70
10	10 000	15 000	1 500	255	25	228,—	13,—	2,10
11	10 000 m. Gall'schen lastketting.	15 000	1 380	280	40	270,—	22,40	2,10
12	12 000 m. Gall'schen lastketting.	18 750	1 380	330	50	312,—	25,75	2,10
13	15 000 m. Gall'schen lastketting.	22 500		390	60	468,—	29,70	2,10
14	20 000 m. Gall'schen lastketting.	30 000		450	152	765,—	36,—	2,10

Meerprijs voor inrichting tot het vieren f 12,—f 8,40.

(Eade's) Epicycloïdaal-Takels (fig. 16).

De last blijft op iedere hoogte hangen. De beide lasthaken kunnen beurtelings gebruikt worden. Is de eene haak met last boven, dan kan, terwijl deze ontlast wordt, de andere haak beneden belast worden en omgekeerd. Prijzen vóór den oorlog.

VOOR EEN LICHTVERMOGEN VAN	Voor 3 Meter hijschhoogte	Met groot Handwiel	Extra Hijsch- en Handketting per Meter hijschhoogte
$^1/_4$ Ton.	f 13,50	—	f 2,75
$^1/_2$ „	- 16,60	—	- 2,75
1 „	- 24,90	—	- 4,15
1½ „	- 30,45	—	- 4,65
2 „	- 35,95	f 50,50	- 5,10
3 „	- 59,50	- 65,70	- 6,—
4 „	- 70,55	- 78,85	- 6,95
5 „	—	- 107,90	- 8,30
6 „	—	- 138,35	- 12,90
8 „	—	- 182,60	- 16,60
10 „	—	- 224,10	- 19,40

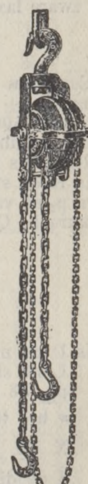


Fig. 16.

Electrische takels.

Electrische takels van de firma Schlösser—Feibusch. Prijzen vóór den oorlog.

Draagvermogen KG	Vermogen v/d motor PK	Hefsnelheid per minuut circa M	Gewicht KG	Prijs Gld.	Voor elken M meer hefhoogte
500	0,5	3	125	475	3,5
1 000	1	3	150	590	5,5
1 500	1,5	3	200	680	6,—
2 000	2	3	275	770	10,5
3 000	2,5	2	350	840	6,5
4 000	3	2	400	930	11,5
5 000	4	2	450	1 060	13,—
6 000	5	2	525	1 220	18,—
7 500	6	2	650	1 410	18,—
10 000	8	2	850	1 625	21,—

Voor draai- en wisselstroom 10 % meer.

Windassen of spillen.

Bij het draaien van de kruk van een gewone windas kan een man gedurende korten tijd ongeveer een kracht van 30 KG uitoefenen: gemiddeld is bij 0,50 Meter snelheid op de helft of 15 KG en bij langer aanhoudende werking op niet meer dan 10 à 12 KG te rekenen. De normale lengte van den arm is 35 tot uiterlijk 40 cM.

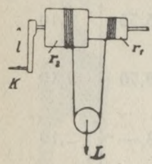


Fig. 17.

Differentiaalwindassen w.o. de Chineesche windas (fig. 17).

$$K = L \frac{r_2 - r_1}{2\,l}$$

Kaapstanders of gangspillen.

Bij kortstondige werking kan de kracht van een man op 30 KG gesteld worden, voor langeren tijd en als velen tegelijk werken slechts op 12 à 15 KG. De kracht P, waarmede het losse eind van het touw moet worden vastgehouden, om den last L op te houden, wordt bij n windingen van het touw om de spil, gevonden uit de betrekking: $L = 12{,}345\; n\,P$

Electrische kaapstanden hebben snelheden van het touw van 0,5 tot 1 M per secunde, bij zware lasten 0,1—0,5 M per sec. en worden gebouwd tot 10 ton trekkracht.

Lieren.

Handlieren.

Een man oefent een kracht uit op den slinger van 10—12 KG en draait de slingeras ± 30 maal in de minuut rond. De afmetingen der slingers varieeren van 350—400 mM. Het nuttig effect van een enkelwerkende handlier is 0,865 en dat van een dubbelwerkende 0,79. De kracht kan volgens dezelfde formule worden uitgedrukt als bij de dommekracht.

Is R de straal op hart ketting van trommel, het aantal tanden van de rondsels p en p_1 en van de wielen q en q_1, de slingerlengte r, het aantal arbeiders A, dan is de trekkracht Q aan de rol van de lier bij 12,5 KG slingerdruk per man:

$$Q = A \times 12{,}5 \times 0{,}79 \times \frac{r}{R} \times \frac{q}{p} \times \frac{q_1}{p_1}$$

$$\text{of ongeveer} = 10\,A\,\frac{r \times q \times q_1}{R \times p \times p_1}$$

Stoomlieren.

Is D de middellijn der cilinders in cM,
L de slaglengte ,, ,, Meter,
p_m de gemiddelde overdruk per cM^2 = 3 KG.
α het totale nuttig effect van de lier (= ± 0,55.),
X de totale overbrenging van de kamwielen = $\frac{\text{aantal tanden kamwiel.}}{\text{aantal tanden rondsel.}}$
d de diameter van de kettingtrommel op hart ketting,
dan wordt de trekkracht aan de rol:

$$\frac{D^2 \times L \times p_m \times \alpha \times X}{d} = \frac{1{,}65\; D^2\, L\, X}{d}$$

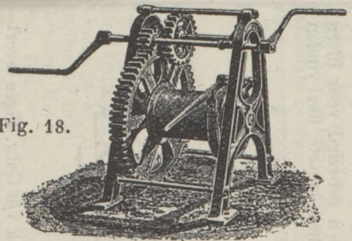


Fig. 18.

De handlieren heeft men in den handel met enkele of dubbele radoverbrenging en trommel voor henneptouw, ketting of staaldraad.

Waar het bedienend personeel sterk wisselt, verdienen veiligheidsslingers aanbeveling, waarbij de slingeras nooit door den last bewogen kan worden; daarentegen is men wel in staat de slingeras, dus ook den last, terug te draaien. Het uitzetten van de slingeras kan daarbij tegelijk met het strijken op de vang geschieden door hetzelfde handel.

Prijzen en afmetingen van eenvoudige handlieren vóór den oorlog: (fig. 18).

A. *Lieren van henneptouw en ketting.*

Nummer	1	2	3	4	10	11	12	13	14	15	16	18	20
Overbrenging	ENKEL				DUBBEL								
Trekkracht aan de trommel KG	400	600	800	1 000	800	1 000	1 350	1 750	2 000	2 500	3 500	5 000	7 500
Middellijn van de trommel mM	115	115	125	135	125	135	140	150	155	160	170	200	250
Lengte van de trommel . mM	300	400	400	450	390	390	455	525	570	570	645	700	800
Gewicht met gegoten ijzeren voeten ca. KG	125	145	175	200	200	230	300	350	435	550	650	1 070	1 250
Prijs met gesmeed ijzeren voeten Gld	49,80	55,20	63,60	70,90	72,—	78,—	93,—	108,—	135,—	174,—	210,—	288,—	348,—
Prijs met gegoten ijzeren voeten Gld	60,—	67,20	81,—	88,80	88,80	97,20	117,—	132,—	165,—	207,—	252,—	336,—	405,—

Lieren voor staaldraad met grootere trommel.

Nummer	1	2	3	4	10	11	12	13	14	15	16	18	20
Trekkracht aan de trommel KG	300	450	600	750	600	750	1 000	1 250	1 450	1 750	2 500	3 500	5 000
Middellijn van de trommel mM	200/300	200/400	130/400	230/450	230/400	230/450	260/520	300/580	310/640	320/675	340/700	360/750	400/800
Gewicht n.et gegoten ijzeren voeten KG	145	170	205	235	230	265	345	410	510	640	750	1 175	1 400
Prijs der lier met gegoten ijzeren voeten KG	55,20	64,80	70,80	79,20	90,—	108,—	120,—	147,—	177,—	207,60	237,—	336,—	408,—
Prijs der lier met gesmeed ijzeren voeten Gld	72,—	78,—	87,—	99,—	108,—	126,—	139,20	168,—	210,—	237,60	270,—	390,—	474,—

☞ Alle lieren kunnen van veiligheidsslinger worden voorzien. De grootere lieren met gesmeed ijzeren voeten zijn lichter dan die met voeten van gegoten ijzer. Lieren met schroefrem zijn f 13,— à f 20,— per stuk duurder.

Stoomankerlieren worden door de Haarlemsche Mach. fabriek v/h Gebr. Figée in 2 soorten vervaardigd: (zie bladz. 306).

1) klein type voor 5/8—11/16″ damketting 1,44 × 0,73 M, hoog 0,85 M, gewicht 852 KG; en

2) groot type voor 3/4—1″ damketting 1,96 × 1,00 M, hoog 1,05 M, gewicht 1 632 KG.

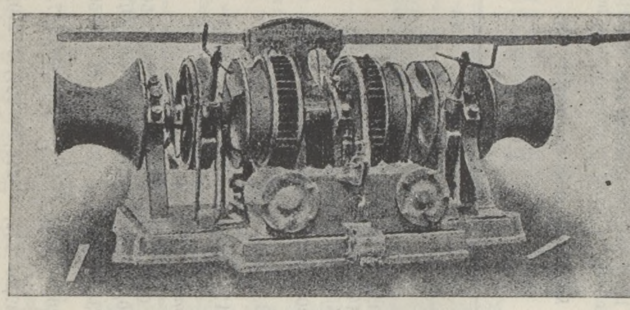


Fig. 19.

Liggende stoomankerspillen van de Haarlemsche Mach. fabriek v/h Gebr. Figée (fig. 19) voor het lichten van ankers en kettingen op stoombooten, hoppers, baggermolens en andere vaartuigen. Zij zijn gemonteerd op een zware gegoten ijzeren voetplaat en voorzien van twee stoomcilinders, met keerkoppeling, dubbel werk en sterke schroefvang. Beide kettingschijven zijn van staal en met wrijvingsschijven aan de as te koppelen. De kamwielen zijn van staal, terwijl voor handbeweging een pompwerk is aangebracht.

Dikte van den ketting in Eng. duimen	3/4″	13/16″	7/8″	15/16″	1″	1 1/16″	1 1/8″	1 3/16″	1 1/4″	1 3/8″	1 7/16″	1 1/2″
Diam. Cilinders in mM	150			175			175			200		
Slaglengte in mM	200			200			250			300		

Electrische lieren.

Electrische lieren tot een vermogen van 1000 KG worden gebezigd voor liften van magazijnen, pakhuizen en opslag van goederen. Voor het laatste doel vinden

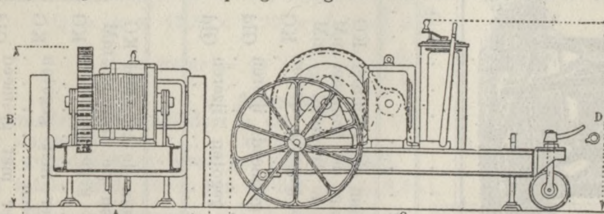


Fig. 20.

verplaatsbare lieren ruime toepassing. De Haarl. Mach. fabriek v/h Gebr. Figée levert deze in de volgende afmetingen en grootten (fig. 20):

Hefvermogen in KG	300	500	600	1 000
Hijschsnelh. in M sec. gelijkstroom .	1	1	0,5	0,5
Hijschsnelh. in M sec. draaistroom .	1,3	1	0,65	0,5
Grootte motor in PK gelijkstroom .	4	7	4	7
Grootte motor in PK draaistroom .	6	7	6	7
Diam. v. d. trommel in m/M.	230	230	230	230
Lengte v. d. trommel in m/M.	360	360	720	720
Afmetingen A. m/M	1 110	1 110	1 470	1 470
Afmetingen B. m/M	1 150	1 150	1 150	1 150
Afmetingen C. m/M	2 360	2 360	2 360	2 360
Afmetingen D. m/M	1 390	1 390	1 390	1 390
Netto gewicht in KG	1 100	1 150	1 150	1 002

Lichtbokken.

voor het heffen van locomotieven, spoorwagens, stoomketels, enz.

Draagvermogen in KG	Geheel van ijzer		Met houten pikken	
	Gewicht KG	Prijs Gld.*	Gewicht KG	Prijs Gld.*
8 000	800	650	800	570
10 000	850	680	850	600
15 000	1 200	690	1 150	630
20 000	1 500	720	1 400	660
25 000	1 700	960	1 500	720
30 000	3 200	1 700	3 000	1 400
40 000	3 800	1 900	3 200	1 500
50 000	4 000	2 050	3 600	1 600

Kranen.

Wanneer een kraan zelden wordt gebruikt, is aan een handkraan de voorkeur te geven; in elk ander geval neme men kranen door motoren bewogen.

Transmissie- en hydraulische kranen worden zelden meer toegepast; goedkoope hydraulische kranen hebben het nadeel, dat met of zonder last dezelfde hoeveelheid water wordt verbruikt en dat daarmede de werkingsgraad bij de meest voorkomende gemiddeld zware en lichte lasten geringer wordt.

Stoomkracht komt alleen in aanmerking bij staande kranen en wanneer geen electrische stroom te verkrijgen is.

De pneumatische hefwerktuigen en kranen zijn kostbaar en worden zelden toegepast. Zij zijn, wanneer zij goed werken, te verkiezen in de gevallen, waarbij men ze van uiterst geringe tot zeer groote snelheid moet laten loopen. De gemiddeld benoodigde kracht is evenwel grooter dan die bij electrische kranen en ongeveer 1 PK meer bij een werktuig van 5 ton hefvermogen bij een snelheid van 5 Meter per minuut. Maatgevend voor de constructie en den prijs van een kraan zijn het verlangde hefvermogen en de snelheid van beweging.

Voor havenverkeer worden het meest kranen voor lasten van hoogstens 3000 KG gebruikt en daarbij is de draaikraan de meest gewenschte vorm. De hefhoogte bedraagt gemiddeld 10—15 M en de vlucht voor rivierschepen veelal 6—8 en voor zeeschepen 9—13 Meter.

Behalve kranen, welke op den vasten wal zijn opgesteld, worden ook drijvende kranen toegepast, zie pag. 817.

Handkranen.

Draaikranen: Vaste kranen van 500 tot 1000 KG vermogen hebben veelal een vlucht van 2 Meter; de in den handel voorkomende kranen hebben tusschen 3 tot 4,5 Meter vlucht met een lichtvermogen, varieerende van 1—10 ton en een hefhoogte van 5—7 Meter.

Lichtvermogen in KG	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	7 500	10 000
Vlucht in M . . .	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Bediening man. . .	2	2	2	2	3	3	3	4
Gewicht KG . . .	2 500	3 200	3 700	4 400	5 500	6 400	6 800	9 500
Prijs Gld. * . . .	800	1 000	1 200	1 400	1 650	1 900	2 200	2 800

*) Vóór den oorlog.

Handloopkranen. Zij worden vervaardigd tot een hefvermogen van 15 ton en bestaan uit kraanlichaam en loopkat. De door de Haarl. Mach. fabriek Gebrs. Figée vervaardigde handloopkraan (fig. 21) bestaat in zijn eenvoudigsten vorm uit een enkelen balk of bij zwaarder last twee balken van dubbel T-ijzer, welke aan de uiteinden bevestigd zijn aan twee eindwagens, die vanaf den grond door middel van een trekking op de loopbaan in het gebouw worden voortbewogen.

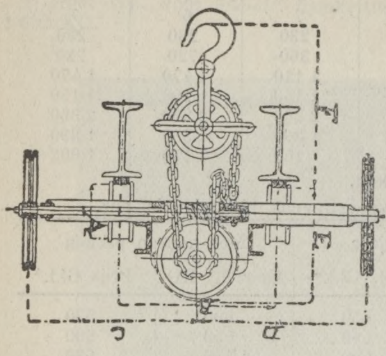


Fig. 21.

Bij zeer zware lasten en groote spanningen worden de dubbel T-vormige balken vervangen door geconstrueerde balken.

De eenvoudigste constructie van de loopkat is een wagentje op vier wielen, dat eveneens vanaf den grond in de dwarsrichting van het gebouw verplaatst wordt. Aan dit wagentje wordt een schroeftakel op gehangen, waarmede men den last opheft. Verder wordt veelal gebruik gemaakt van een looptakel met ingebouwd schroefwindwerk In electrische centrales kunnen de trekkettingen vervangen worden door trektouwen, waardoor het bezwaar van eventueel aanraken van stroomvoerende deelen wordt voorkomen. Bij lasten van 10 ton en hooger vervangt men den gecalibreerden hijschketting door Gall'schen ketting.

Hefvermogen. . .	2000 KG	3000 KG	5000 KG	7500 KG	10000 KG	15000 KG
Diam. loopwielen A	145	200	200	260	260	360
Afmetingen rail . .	2 × 45	2 × 50	25 × 50	25 × 50	25 × 50	32 × 50
Afst. loopwielen B	500	540	640	725	900	1090
Afst. hijschkettingwiel uit hart loopkat C.	650	700	750	845	1100	1250
Afst. rijketting uit hart loopkat D .	550	700	750	750	1100	1100
Grootste hoogte boven rail E , . .	325	385	550	670	790	810
Kleinste afstand haak onder bovenkant rail F	500	515	700	760	760	860
Dikte hijschketting	11	13	18	22	Gall'kett.	Gall'kett.
Gewicht loopkat met mantelblok zonder kettingen	± 185 KG	± 225 KG	± 415 KG	± 700 KG	± 1150 KG	± 1550 KG
Gewicht kettingen p. M hijschhoogte	± 12 ,,	± 15 ,,	± 25 ,,	± 40 ,,	± 60 ,,	± 100 ,,
Radstand	450	525	700	880	900	1200

(N.B. Maten zijn niet verbindend.)

Stoomkranen.

Stoomwagenkranen. De in den handel voorkomende vervoerbare stoomkranen loopen meest op normale spoorwijdte van 1,435 M, hebben een lichtvermogen van 1-2-3-5-7-10 en 12 ton met een vlucht van 4—5 Meter. Zij kunnen door middel van stoomkracht hijschen, zwenken, rijden en ook nog desgewenscht de vlucht grooter of kleiner maken. De dubbele machine is voorzien van schaarbewegingen; bij het strijken van den last houdt men dezen door middel van den voetrem vast, schuift de kam wielen uit elkaar, waarna men den druk op den voetrem vermindert en de last daalt.

De stoomketel is meestal van het verticale type en van zoodanige grootte, dat men rekent op 1/4 van den tijd, dat de machine werkt. De verdamping bij deze ketels is gewoonlijk 4—5-voudig, terwijl de stoomdruk van 5—8 Atm. bedraagt.

Stoomwagenkranen Haarlemsche Machinefabriek, v/h Gebrs. Figée (fig 22).

De 2 en 3 tons kranen worden somtijds geleverd met gegoten ijzeren wagen en werken met enkelen ketting.

De 5, 7 en 10 tons kranen worden somtijds geleverd met geslagen ijzeren wagen en werken met mantelblok.

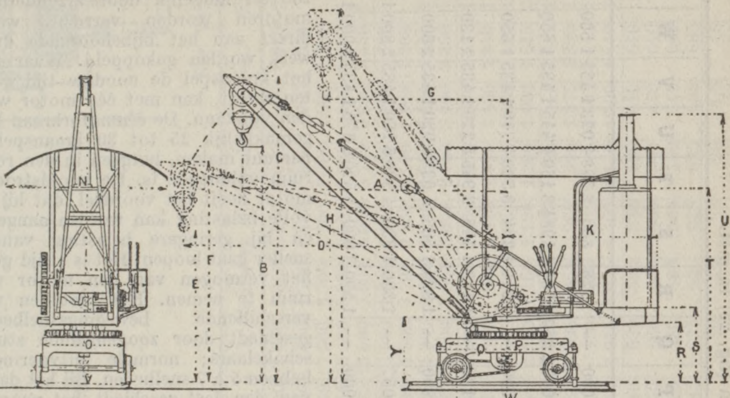


Fig. 22.

Details van de Stoomwagenkranen.

Hefvermogen in tonnen	1	2	3	5	7	10	12
Diameter cylinders, m/m	120	135	150	170	190	210	220
Slaglengte, m/m	200	220	220	250	250	290	305
Omwentelingen per minuut	200	200	200	200	200	200	200
Verwarm.oppervl. ketel, M^2	3	3,64	4	5	6,3	9,5	11,3
Roosteroppervlak, M^2	0,3	0,4	0,43	0,48	0,56	0,78	0,83
Overdruk, KG p. cM^2	8	8	8	8	8	8	8
Inhoud watertank, Liters	160	280	390	450	780	1000	1230
Inhoud kolenbergplaats, KG	150	200	250	300	400	500	600
Maximum vlucht, m/m } bij evenredig hefverm.	4860	5440	5800	5850	5830	5770	5730
Minimum vlucht, m/m } bij evenredig hefverm.	2820	3200	3350	3380	3400	3430	3430
Standaard vlucht, m/m bij normaal hefvermogen	4000	4500	4800	4800	4800	4800	4800
Hefhoogte b/rail, min. vlucht, m/m	2000	2340	2750	2420	2370	2130	2300
Hefhoogte b/rail, min. vlucht, m/m	4050	4600	5130	4930	4800	4490	4570
Hefhoogte b/rail, standaard vlucht, m/m	3200	3660	4150	3890	3790	3500	3620
Dikte van den hijschketting, m/m	11	14	17,5	16	19	24	27
Aantal parten	1	1	1	2	2	2	2
Radstand, m/m	1500	1700	1800	2400	2600	2800	3000
Diam. loopwielen, m/m	300	430	540	600	810	840	840
Grootste breedte, m/m	2600	2600	2600	2850	3200	3400	3500
Hefsnelheid, M. p. sec.	0,460	0,428	0,343	0,240	0,343	0,270	0,300
Rijsnelheid, M. p. minuut	80	70	70	70	70	38	23
Zwenksnelheid of omw. per minuut	3,9	2,56	2,30	1,96	1,92	2,00	2,02
Approx. gewicht van de kraan zonder tegenwicht, KG.	6500	8000	9500	14000	18000	24000	33000
PK aan den lasthaak	6,13	11,4	13,72	16	32	36	48

(N.B. Maten zijn niet verbindend.)

Hoofdafmetingen van de normale stoomkranen (fig. 22) in mM.

Hefvermogen in tonnen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	4 000	3 200	4 330	4 860	2 000	3 150	2 820	4 050	5 250	2 080	840	680	2 600	1 330	2 000	—	728	888	2 748	4 023	1 435	1 500	550	843
2	4 500	3 660	5 000	5 440	2 340	3 600	3 200	4 600	6 050	2 450	1 000	750	2 600	1 350	2 000	2 260	973½	1 198½	3 160	4 445	1 435	1 650	670	1 058½
3	4 800	4 150	5 500	5 800	2 750	4 100	3 350	5 130	6 490	2 630	1 055	800	2 600	1 330	2 000	—	914	1 254	3 500	4 740	1 435	1 650	760	1 119
5	4 800	3 890	5 600	5 850	2 420	4 130	3 380	4 930	6 700	2 600	1 083	820	2 600	2 850	3 135	—	1 130	1 445	3 945	5 220	1 435	2 130	797½	1 297½
7	4 800	3 790	5 830	5 830	2 370	4 370	3 400	4 800	6 900	2 740	1 200	950	2 600	3 200	3 900	—	1 325	1 785	4 635	5 920	1 435	2 600	925	1 610
10	4 800	3 500	5 840	5 770	2 130	4 450	3 430	4 490	6 870	3 075	1 350	1 060	2 700	3 400	4 057	—	1 330	1 830	4 980	6 250	1 435	2 800	1 075	1 770
12	4 800	3 620	6 110	5 730	2 300	4 750	3 430	4 570	7 200	3 500	1 600	1 200	3 300	3 500	5 000	—	1 590	2 090	5 590	6 870	1 435	3 000	1 075	2 050

Electrische kranen.

De electrische kranen worden veelal voorzien van hoofdstroommotoren, terwijl de verschillende bewegingen zooveel mogelijk door afzonderlijke motoren worden verricht, welke direct aan het bijbehoorende drijfwerk worden gekoppeld. Waar aan het kraanspel de noodige tijd gelaten wordt, kan met één motor worden volstaan. De éénmotorkraan kan gemakkelijk 25 tot 30 kraanspellen per uur maken, hetgeen in den regel ruim voldoende is. De hoofdstroommotor heeft het voordeel, dat hij bij volle belasting kan worden aangezet en bij geringere belasting vanzelf sneller gaat loopen. Het is altijd goed het vermogen van den motor wat ruim te nemen. Het instellen van verschillende bewegingssnelheden geschiedt door zoogenaamde stuurschakelaars; normale uitvoeringen hebben 5 à 7 snelheden. Bij het dalen van den last geschiedt het remmen mechanisch, zelden electrisch door den motor als rem te laten werken. Het lossen der remmen (bandrem, enz.) geschiedt door remmagneten. Omkeerdrijfwerk is onnoodig en liefst te vermijden, daar het dikwijls weigert.

Electrische loop- en bokkranen.

De kranen worden gemaakt voor een hefvermogen van 1 tot 150 ton en een hefsnelheid

tot 15 Meter per minuut bij kranen van 3 000 KG vermogen.
tot 12 Meter per minuut bij kranen van 5 000 KG vermogen.
tot 8 Meter per minuut bij kranen van 10 000 KG vermogen.
tot 7 Meter per minuut bij kranen van 15 000 KG vermogen.
tot 5 Meter per minuut bij kranen van 25 000 KG vermogen.
tot 4 Meter per minuut bij kranen van 50 000 KG vermogen.
tot 3 Meter per minuut bij kranen van 75 000 KG vermogen.
tot 2 Meter per minuut bij kranen van 150 000 KG vermogen.

Het hijschen geschiedt door een hijschmotor, welke op het lierwerk van de loopkat werkt. Voor het rijden wordt een afzonderlijke electromotor gebezigd. Voor het heffen van lichte en zware lasten worden de kranen veelal uitgerust met twee hijschvermogens. Voor de gebruikelijke motorlooplieren vindt men in de tabel op de volgende bldz. de noodige gegevens.

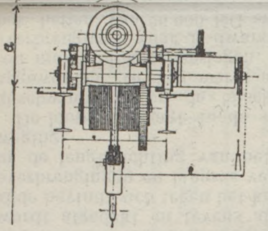


Fig. 23.

Motorlooplieren.

Motorlooplieren van de „Duisburger Maschinenbau-Actien-Gesellschaft”.

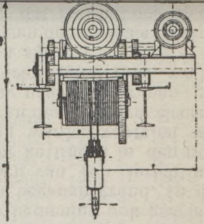


Fig. 24.

		a. Voerwerk voor handbeweging. Fig. 23.								*b.* Voerwerk electrisch gedreven. Fig. 24.							
Draagvermogen in KG. . .		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000
Hefsnelheid in mM p. minuut met gelijkstroommotor van	1½ PK	3 400	1 700	1 150	880	700	550	410	320	3 400	1 700	1 150	880	700	550	410	320
	3 PK	7 500	3 700	2 500	1 900	1 500	1 200	900	700	7 500	3 700	2 500	1 900	1 500	1 200	900	700
	4 PK	10 000	5 000	3 450	2 500	2000	1 600	1 250	950	10 000	5 000	3 450	2 500	2 000	1 600	1 250	950
	6 PK	15 000	7 500	5 000	3 750	3000	2 350	1 900	1 425	15 000	7 500	5 000	3 750	3 000	2 350	1 900	1 425
Hefsnelheid in mM p. minuut met draaistroommotor van	2¼ PK	3 750	1 850	1 280	950	775	600	460	350	3 750	1 850	1 280	950	775	600	460	350
	3 PK	7 500	3 700	2 500	1 900	1 500	1 200	900	700	7 500	3 700	2 500	1 900	1 500	1 200	900	700
	4½PK	11 300	5 600	3 800	2 850	2 300	1 800	1 350	1 050	11 300	5 600	3 800	2 850	2 300	1 800	1 350	1 050
	4½ PK	15 000	7 500	5 000	3 750	3 000	2 350	1 900	1 425	15 000	7 500	5 000	3 750	3 000	2 350	1 900	1 425
Gewicht van de lier in KG m. een gelijkstroommotor van	1½ PK	645	655	700	725	1 105	1 125	1 625	1 710	900	930	960	970	1 370	1 385	1 770	1 895
	3 PK	705	715	760	785	1 165	1 185	1 685	1 770	960	990	1 015	1 025	1 430	1 440	1 830	1 955
	4 PK	740	750	795	820	1 200	1 220	1 720	1 805	995	1 025	1 055	1 065	1 465	1 480	1 865	1 990
	6 PK	875	890	930	960	1 335	1 355	1 855	1 940	1 130	1 160	1 190	1 200	1 600	1 615	2 000	2 125
Gewicht van de lier in KG m. een draaistroommotor van	2½ PK	635	650	690	715	1 095	1 115	1 615	1 700	900	930	955	965	1 340	1 365	1 750	1 875
	3 PK	665	675	720	745	1 125	1 145	1 645	1 730	925	955	980	990	1 375	1 390	1 780	1 905
	4 PK	690	700	745	770	1 150	1 270	1 665	1 750	950	980	1 005	1 015	1 405	1 415	1 805	1 930
	6 PK	785	795	840	865	1 245	1 365	1 760	1 845	1 055	1 075	1 100	1 110	1 500	1 510	1 900	2 025
Constructiehoogte van de lier boven oppervlak spoor of balkligger afstand (a) . .	1½ en 2½	530	530	530	530	610	610	710	710	530	530	530	530	610	610	710	710
	3 PK	560	560	560	560	640	640	740	740	560	560	560	560	640	640	740	740
	4 en 4½	580	580	580	660	660	660	760	760	580	580	580	580	660	660	760	760
	6 PK	625	625	625	625	685	785	785	785	625	625	625	625	685	685	785	785
Loopsnelheid in M per minuut met gelijkstroommotor . .										40	40	26	26	18,5	15	9,5	9,5
										—	—	—	—	32	26	18,5	18,5
Idem met draaistroommotor										37	37	25	25	17,5	14,5	10	9
										—	—	—	—	36	29	20	18

Electrische loopkranen van de Haarlemsche Machinefabriek, voorheen Gebr. Figée, (fig. 25).

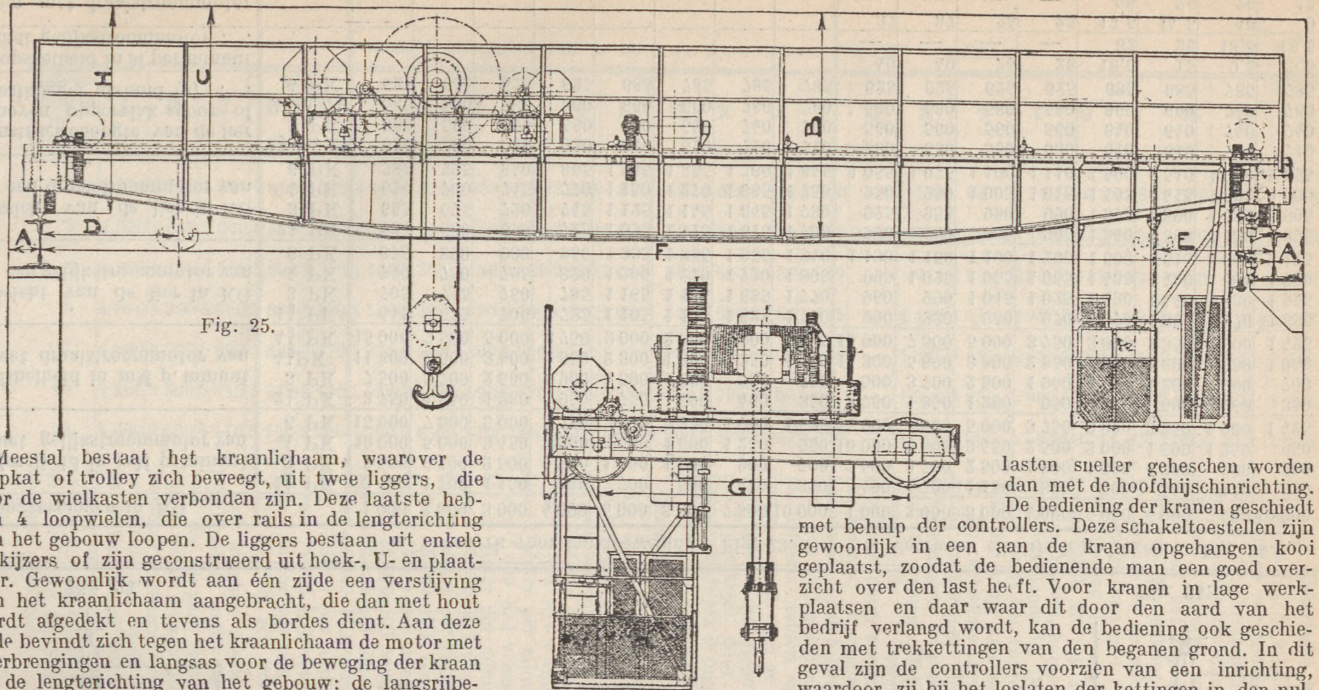


Fig. 25.

Meestal bestaat het kraanlichaam, waarover de loopkat of trolley zich beweegt, uit twee liggers, die door de wielkasten verbonden zijn. Deze laatste hebben 4 loopwielen, die over rails in de lengterichting van het gebouw loopen. De liggers bestaan uit enkele balkijzers of zijn geconstrueerd uit hoek-, U- en plaatijzer. Gewoonlijk wordt aan één zijde een verstijving van het kraanlichaam aangebracht, die dan met hout wordt afgedekt en tevens als bordes dient. Aan deze zijde bevindt zich tegen het kraanlichaam de motor met overbrengingen en langsas voor de beweging der kraan in de lengterichting van het gebouw: de langsrijbeweging.

De loopkat draagt in de eerste plaats den hijschmotor met het hijschwindwerk en de hijschtrommel, waarop de hijschkabel wordt opgewonden. De last wordt aan een op kogels draaibaren haak aan een mantelblok aangeslagen. Op de loopkat is ook de motor met het overbrengwerk voor de dwarsrijbeweging gemonteerd. Bij kranen voor het heffen van 20 000 KG en daarboven wordt gewoonlijk voor het heffen van kleinere lasten tot 5000 of 7000 KG op de loopkat een hulphijschinrichting met afzonderlijken motor gebouwd, waarmede deze lasten sneller geheschen worden dan met de hoofdhijschinrichting.

De bediening der kranen geschiedt met behulp der controllers. Deze schakeltoestellen zijn gewoonlijk in een aan de kraan opgehangen kooi geplaatst, zoodat de bedienende man een goed overzicht over den last heeft. Voor kranen in lage werkplaatsen en daar waar dit door den aard van het bedrijf verlangd wordt, kan de bediening ook geschieden met trekkettingen van den beganen grond. In dit geval zijn de controllers voorzien van een inrichting, waardoor zij bij het loslaten der kettingen in den nul stand terugspringen. Alle kranen worden voorzien van een inrichting, die bij het te hoog ophijschen van den last den electrischen stroom onderbreekt. De stroomtoevoering naar de kranen geschiedt door sleepcontacten, die langs blanke leidingen slepen, welke in de lengterichting van het gebouw gespannen zijn.

De nevenstaande tabel geeft de hoofdafmetingen der normale electrische loopkranen aan. Hierbij is op te merken, dat met het oog op de verwarming, de kranen bestemd voor een tropisch klimaat, voorzien worden van motoren van een grooter type dan in de gematigde luchtstreek.

Verschillende gegevens van de electrische loopkranen der Haarlemsche Machinefabriek voorheen Gebr. Figée.

Hefver-	*Spanning F*	*Hijschen*	*Katrijden*	*Kraanrijden*	*Maten voor het doorgangsprofiel*	*Gewichten*

heffen van kleinere lasten tot 3000 of 7000 KG op de loopkat een hulphijschinrichting met afzonderlijken motor gebouwd, waarmede deze

verwarming, de kranen bestemd voor een tropisch klimaat, voorzien worden van motoren van een grooter type dan in de gematigde luchtstreek.

Verschillende gegevens van de electrische loopkranen der Haarlemsche Machinefabriek voorheen Gebr. Figee.

Hefvermogen in KG	Spanning F in Meters	Hijschen		Katrijden		Kraanrijden		Maten voor het doorgangsprofiel							Gewichten		Max. Raddruk in Tonnen
		Meter p. min.	Aantal PK	Meter p. min.	Aantal PK	Meter p. min.	Aantal PK	A	B	C	D	E	G	H	Kraan	**Kat**	
2000	8	6	3,4	20	1,5	80	4	225	1470	1535	860	875	2100	1800	3500	1800	2,7
	12	6	3,4	22	1,65	76	4,6	225	1510	1535	860	875	2300	1800	4500	1800	3,1
	16	6	3,4	24	1,8	72	5,2	225	1510	1535	860	875	2500	1800	6500	1800	3,7
	20	6	3,4	26	1,95	68	5,8	225	1640	1535	860	875	2700	1800	9000	1800	4,4
	24	6	3,4	28	2,15	64	6,6	225	1740	1535	860	875	2900	1800	11500	1800	5
3000	8	6	5	20	1,65	80	5,2	225	1470	1535	860	875	2100	1800	3650	1900	3,4
	12	6	5	22	1,8	76	5,8	225	1560	1535	860	875	2300	1800	4800	1900	3,8
	16	6	5	24	1,95	72	6,5	225	1560	1535	860	875	2500	1800	6900	1900	4,4
	20	6	5	26	2,15	68	7,2	225	1740	1535	860	875	2700	1800	9500	190	5,2
	24	6	5	28	2,3	64	8	225	1900	1535	860	875	2900	1800	12150	1900	6
4000	8	6	6,8	20	1,75	80	6,3	225	1530	1650	885	950	2100	1900	3800	2100	4
	12	6	6,8	22	1,9	76	7	225	1570	1650	885	950	2300	1900	5000	2100	4,5
	16	6	6,8	24	2,05	72	7,7	225	1760	1650	885	950	2500	1900	7400	2100	5,2
	20	6	6,8	26	2,2	68	8,6	225	1920	1650	885	950	2700	1900	10000	2100	6
	24	6	6,8	28	2,35	64	9,6	225	1920	1650	885	950	2900	1900	12750	2100	6,7
5000	8	5,75	8	20	1,85	80	7,4	235	1600	2000	900	920	2200	1900	4000	2500	4,7
	12	5,75	8	22	2,02	76	8	235	1670	2000	900	920	2400	1900	5250	2500	5,1
	16	5,75	8	24	2,2	72	8,8	235	1790	2000	900	920	2600	1900	7800	2500	5,9
	20	5,75	8	26	2,4	68	9,7	235	1950	2000	900	920	2800	1900	10500	2500	6,7
	24	5,75	8	28	2,58	64	10,9	235	2100	2000	900	920	3000	1900	13500	2500	7,5
7500	8	5	11	20	2,05	80	9,6	240	1610	2300	950	1000	2200	1900	4500	2800	6,1
	12	5	11	22	2,2	76	10,4	240	1820	2300	950	1000	2400	1900	6150	2800	6,7
	16	5	11	24	2,35	72	11,5	240	1980	2300	950	1000	2600	1900	9000	2800	7,6
	20	5	11	26	2,55	68	12,2	240	2140	2300	950	1000	2800	1900	12000	2800	8,5
	24	5	11	28	2,8	64	13,4	240	2140	2300	950	1000	3000	1900	15500	2800	9,5
10000	8	4,75	13,5	19	2,2	77	11,2	250	1770	2200	950	1080	2200	2200	5150	3500	7,7
	12	4,75	13,5	21	2,37	73	11,9	250	1980	2200	950	1080	2400	2200	7000	3500	8,5
	16	4,75	13,5	23	2,5	69	13	250	2140	2200	950	1080	2700	2200	10000	3500	9,5
	20	4,75	13,5	25	2,7	65	13,6	250	2380	2200	950	1080	3000	2200	13500	3500	10,5
	24	4,75	13,5	27	2,95	62	15	250	2450	2200	950	1080	3300	2200	17500	3500	11,7
15000	12	4	17,5	18	2,4	69	14,4	250	2220	2250	1020	1235	2400	2500	8500	4100	11,5
	16	4	17,5	20	2,7	65	15,4	250	2460	2250	1020	1235	2600	2500	11500	4100	12,5
	20	4	17,5	22	3	61	16,3	250	2520	2250	1020	1235	2900	2500	15500	4100	13,7
	24	4	17,5	24	3,2	58	17,5	250	3440	2250	1020	1235	3200	2500	20000	4100	14,9
	30	4	17,5	26	3,5	54	19	250	3940	2250	1020	1235	3500	2500	24000	4100	16,1

(N.B. Maten zijn niet verbindend.)

Electrische wagenkranen (*draaikranen*).

De kranen worden, wanneer zij op 1435 mM spoorwijdte met den last mede moeten rijden, vervaardigd tot een hefvermogen van 5000 KG; zij hebben veelal 4 tot 6 Meter vlucht en een hefsnelheid

tot 30 Meter per min. bij een vermogen van 1500 KG, met een zwenksnelheid tot 4 M per minuut.

tot 20 Meter per min. bij een vermogen van 3000 KG, met een zwenksnelheid tot 2,5 M per minuut.

tot 15 Meter per min. bij een vermogen van 5000 KG, met een zwenksnelheid tot 12 M per minuut.

Lichtvermogen KG	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000
Vlucht M	6	6	5	5	5	4
Hefhoogte M	6	6	5	5	5	5
Gewicht KG	5 900	7 800	9 400	11 000	12 500	14 000
Prijs voor gelijkstroom gld . . .	4 800	5 500	6 200	7 200	7 800	8 400
,, ,, draaistroom ,, . . .	4 500	5 300	6 000	6 700	7 300	7 800

Electrische éénmotorkranen van de Haarlemsche Machinefabriek v/h Gebr. Figée.

De motor is waterdicht gesloten en drijft door middel van tandwielen een as, van welke de beweging voor het hijschen en zwenken en wanneer noodig ook die voor het rijden of het verstellen van de vlucht, wordt afgenomen. Een automatisch werkende veiligheidsvang maakt, dat de last in iederen stand gehouden wordt, zoodat bij stroomonderbreking de last niet naar beneden kan storten.

Hefvermogen in tonnen bij normale vlucht . .	1	2	3	5	7	10	12
Normale vlucht in M	4	4,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Maximum vlucht in M	4,86	5,44	5,8	5,85	5,83	5,77	5,72
Minimum vlucht in M	2,82	3,2	3,35	3,38	3,4	3,43	3,43
Hefhoogte boven rail in M bij normale vlucht .	3,2	3,66	4,15	3,89	3,79	3,5	3,62
Hefhoogte boven rail in M bij max. vlucht . .	1,—	2,34	2,75	2,42	2,37	2,13	2,3
Hefhoogte boven rail in M bij min. vlucht . .	4,05	4,6	5,13	4,93	4,8	4,19	4,57
Radstand in M	1,5	1,05	1,65	2,13	2, 60	2,80	3,00
PK motor bij normaal hefvermogen.	10	16	20	25	50	50	50
PK afzonderl. rijmotor	6	6	6	10	10	10	10
Hefsnelheid in M/sec. bij normaal hefvermogen .	0,46	0,43	0,34	0,24	0,34	0,25	0,2
Zwenksnelheid (omwentelingen kraan per/min.) .	3,9	2,56	2,3	1,96	1,92	1,85	1,35
Rijsnelheid M/min.	55	52	50	43	37	26	14
Dikte hijschketting in m/M bij normaal hefvermogen	11	14	17,5	16	13	24	27
Dikte hijschreep in m/M bij normaal hefvermogen	11	15	19,5	17	21,5	23,5	26
Aantal parten	1	1	1	2	2	2	2
Diam. loopwielen in m/M	300	430	540	600	810	840	840
Approximatief gewicht in tonnen (zonder contra gewicht)	5,5	6,5	8,6	12,5	16	21,5	30

(Maten zijn niet verbindend.)

De hoofdafmetingen zijn gelijk aan die der stoomwagenkranen (bldz 809) met uitzondering der maten L, T en U.

De typen 5, 7, 10 en 12 ton werken met mantelblok, terwijl deze typen op 1435 mM spoorwijdte met het oog op de stabiliteit *niet* met den last kunnen rijden. Teneinde met den last te kunnen rijden moet de spoorwijdte voor deze typen minstens gelijk aan den radstand zijn.

Electrische portaal en half-portaal (draai) kranen (fig. 26 en 27).

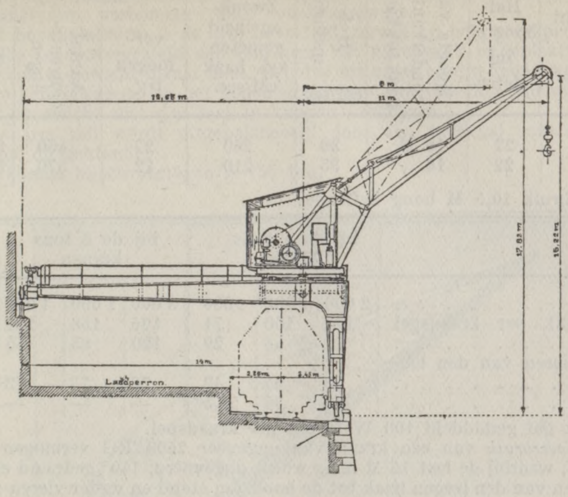


Fig. 26.

De kranen worden vervaardigd tot een hefvermogen van 10 000 KG met een vlucht van 8 tot 15 meter en een hefsnelheid

tot 72 Meter per minuut bij kranen van 1 500 KG vermogen.
,, 6 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 2 500 ,, ,,
,, 30 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 4 000 ,, ,,
,, 24 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 6 000 ,, ,,
,, 12 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 10 000 ,, ,,

Portaalkranen te Amsterdam van 2 en 6 ton hefvermogen (fig. 27).

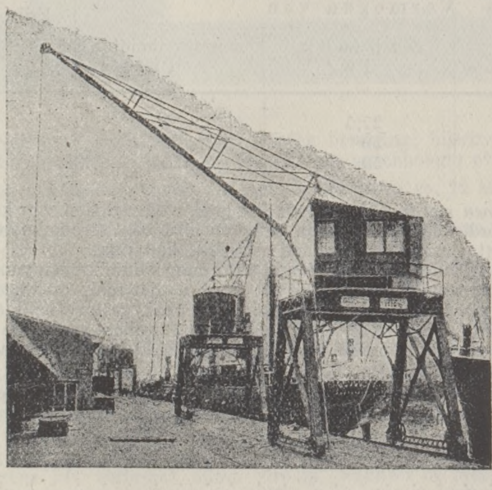


Fig. 27.

Kraan	Vlucht in Meter	Hef-hoogte in Meter	Hoogte van onderkant haak tot kade	Hef-snelheid cM/sec.	Zwenk-snelheid gemeten a/d. haak cM/sec.	Motor vermogen PK	Motor Aantal omwentelingen	Prijs met leveren en opstellen vóór den oorlog
2 ton	10,5	22	16 M	80	260	27	460	f 10750,—
6 ,,	10,5	22	16 ,,	35	210	42	370	f 15000,—

Energieverbruik 10,5 M hoog heffende:

	bij de 4 tons kranen			bij de 6 tons kranen			
last	2 000	1 200	600	3 000	2 000	1 000	KG
totaal verbruik per kraanspel	124	100	71	196	158	128	Watturen
alleen heffen	71	46	29	120	85	55	,,
draaien en vieren van den leegen haak	53	54	42	76	73	73	,,
nuttig effect	80	74	58,5	—	—	—	%

De practijk gaf gemiddeld 100 Watturen per kraanspel.

Het *energieverbruik* van een kraan van ongeveer 2500 KG vermogen bedraagt per kraanspel, waarbij de last 15 M hoog wordt opgevoerd, 140° gedraaid en gevierd, met het lichten van den leegen haak tot de hoogsten stand en weder vieren met zwenken tot den oorspronkelijken stand:

bij een last van 500 KG ongeveer 70 Watturen bij een hefsnelheid van ongeveer 1,50 M per sec.

bij een last van 1500 KG ongeveer 120 Watturen bij een hefsnelheid van ongeveer 1,00 M per sec.

bij een last van 2500 KG ongeveer 200 Watturen bij een hefsnelheid van ongeveer 0,80 M per sec.

Prijzen van de portaalkranen vóór den oorlog:

Vermogen van de kraan ton	Vermogen van den hefmotor PK	Vermogen van den zwenkmotor PK.	Prijs van de kraan compleet Gld.
1,5 à 3	27,5	4	12 000,—
2½ à 5	50	7	15 000,—
5 à 8	50	20	19 000,—

Electrische kranen met kipbakken voor het lossen of verladen van kolen, erts, enz. worden tegenwoordig veel gebezigd en vorderen bij 6 cent stroomkosten per K.W.U. ongeveer 0,6 cent aan stroom per ton verwerkt materiaal.

Aan den Rijn in Duitschland werden in 1907 door 2 draaikranen van 4,5 ton draagvermogen en 12 M vlucht 316 000 ton erts van uit het schip op wagon of magazijn gelost. Het erts werd met de schop in den bak (klepbak) gestort; het lossen geschiedde van de machine uit, zoodat in de hefperiode alleen de vollast werkte en bij het zakken alleen gevierd werd. De hoeveelheid per dag was gemiddeld 1050 ton met een stroomverbruik van 113 K.W.U. alzoo 0,108 K.W.U. per ton goed.

Electrisch gedreven drijvende kraan van 150 ton, uitgevoerd door de werf ,,Gusto" firma A. F. Smulders, Schiedam. (fig. 28).

De hoofdafmetingen van de ponton zijn:

Lengte (totaal) . . . . 39 M.
Breedte . . . . 19 ,,
Diepte . . . . 3 ,,

Het kraancomplex bestaat uit een toren, gebouwd in de ponton, en een op dien toren rustende en daaromheen draaiende klok. Deze klok bestaat uit een boven- en een onderplatvorm, verbonden door constructiewerk.

Aan het bovenplatvorm is de arm bevestigd, terwijl op het onderplatvorm, doch aan de zijde tegenovergesteld aan den arm, het hijschwerk is geplaatst, dat aldus tevens als contra-gewicht dienst doet. Behalve dit vaste contra-gewicht zijn nog twee verrijdbare ballastwagens op het benedenplatvorm aangebracht, teneinde steeds een behoorlijk evenwicht met den last te kunnen verkrijgen.

De kraanarm zelf wordt uitgebalanceerd door een verticaal contra-gewicht bevestigd aan de achterzijde.

Het maximum hijschvermogen is 150 ton.

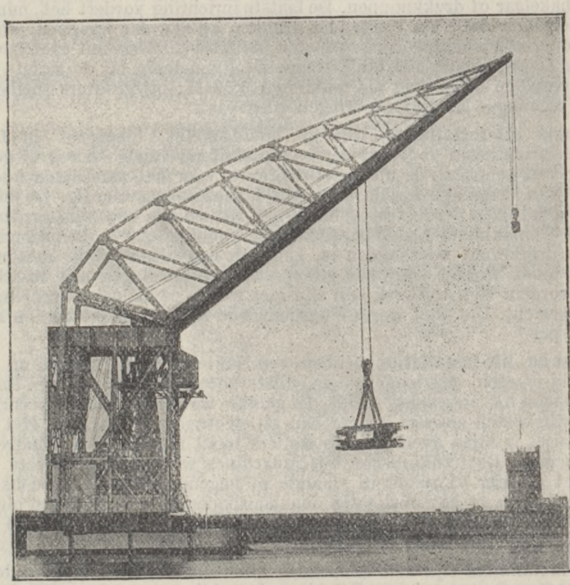


Fig. 28.

Electrisch gedreven draaikraan, met derrick beweging; hijschvermogen 150 ton, grootste uitlading 46 M, grootste hijschhoogte 60 M.

De straal van den kraanarm met een last van 90 ton is ca. 22 M en met een last van 40 en 25 ton ca. 45 M.

De hefsnelheid is ca. 1,20 M per minuut voor lasten van 90 ton, voor die van 40 ton 2,40 en voor die van 25 ton 4,80 M.

Wanneer de kraanarm belast is met het maximum gewicht, kan hij in 5 minuten rondom zijn verticale as draaien.

Liften.

Electrische lift-installaties.

De hoofdvoordeelen zijn de lage bedrijfskosten en eenvoudige bediening, terwijl men niet aan de plaatsing van de krachtbron is gebonden en deze gemakkelijk boven of naast de liftschacht kan monteeren. De liftmachine bestaat uit motor en hijschtoestel op een gemeenschappelijke fundatieplaat gemonteerd, de motor met elastische koppeling aan de wormas verbonden (direct werkende liftmachine). De (direct werkende) electrische lift verbruikt alleen stroom, wanneer de liftkooi zich beweegt, terwijl de indirect werkende (transmissie-lift) steeds stroom verbruikt. De snelheid

bij de direct werkende machines bedraagt tot 1,50 M per secunde. Bij 50% mechanischen werkingsgraad van de lift en 80% electrischen werkingsgraad van den motor kan men het vermogen van den motor berekenen uit

$$\frac{\text{overlast} \times \text{hefhoogte in meter per secunde}}{75 \times (0{,}3 \text{ tot } 0{,}4)} \text{ PK},$$

en het arbeidsverbruik in Kilowatt uit

$$\frac{\text{overlast} \times \text{hefhoogte in meter per sec.}}{100 \times 0{,}80 \times 0{,}50}$$

De installaties worden geleverd met een stuurinrichting door middel van snaren (met en zonder handrad in de kooi) en met een stuurinrichting door middel van een hefboomschakelaar of drukknoppen. De laatste inrichting vordert het minst geschoolde personeel, daar door het eenvoudig drukken op een der knoppen, welke met de verschillende verdiepingen correspondeeren, de kooi uit zich zelf gaat bewegen en op de gewenschte verdieping stil blijft staan. De liftsnelheid bij de laatste inrichtingen is voor eenvoudige uitvoering als maximum 0,70 M; bij grootere snelheden worden bijzondere regelings- en reminrichtingen toegepast.

Transmissie lift-installaties worden hoofdzakelijk toegepast in fabrieken en industrieele inrichtingen voor het vervoer uitsluitend van goederen of goederen met begeleiding van personen. Is niet veel drijfwerk voor het aandrijven noodig, dan is het bedrijf van dergelijke inrichtingen altijd aanbevelenswaardig. De hijschsnelheid is door het aandrijven der hijschtoestellen met riemen aan bepaalde grenzen gebonden en bedraagt als maximum 0,30 M per seconde gewoonlijk 0,20 M. In bijzondere gevallen waar geen drijfkracht voorhanden is, kan ook een afzonderlijke motor aangewend worden en moet daarbij voor het gewenschte aantal slagen een tusschendrijfwerk aangelegd worden. Het drijfwerk kan zijn met worm- of kamwieloverbrenging, met of zonder tegenwicht. Dat met worm en tegenwicht werkt geruischloos en is het meest gangbare type.

Hydraulische lift-installaties hebben een buitengewoon rustigen en geruischloozen gang. Zij worden veel toegepast in villa's hotels en ziekenhuizen. Daar voor elke heffing, beladen of onbeladen altijd de gelijke waterhoeveelheid verbruikt wordt, zijn de bedrijfskosten meestal hooger dan bij electrische drijfkracht. Het toezicht bij deze installaties is bijna overbodig: 's winters moet men evenwel maatregelen tegen bevriezen nemen. De hydraulische hijschmachines worden voor directe of indirecte werking met plunger of zuiger in staande of liggende opstelling geconstrueerd. Bij kleine hijschhoogte is het doelmatig den kooibodem direct aan dezen plunger te verbinden. De snelheid bij direct werkende machines bedraagt 0,20 tot 0,40 M per sec.; bij indirect werkende 0,20 tot 0,50 M. De bedrijfsdruk bedraagt veelal tot 50 atmosferen.

Handlift-installaties zijn aan te bevelen voor kleine lasten (spijzen, boeken, enz.) of voor grootere lasten tot 500 KG bij geringe hijschhoogte en niet al te vaak gebruik. De hijschsnelheid kan maar gering zijn en bedraagt veelal 0,02 tot 0,04 M per sec. Men heeft de installaties met touwen zonder eind of met kruk of slinger, al naar mate de lift van verschillende plaatsen of van één plaats uit bediend wordt.

Veiligheidsinrichtingen bij liften.

De liftkooien worden meestal voorzien van een vanginrichting, welke de kooi aan de leiders klemt, ook wanneer de lastorganen van beteekenis rekken, voordat ze breken en in het geval, dat de nederwaartsche snelheid van de liftkooi wordt overschreden.

Veiligheidsdeuren worden zoo ingericht, dat zij bij elke stopplaats eerst dan geopend kunnen worden, wanneer de liftkooi er achter is. Het in werking brengen van de lift is eerst dan mogelijk, wanneer alle deuren gesloten zijn. Bij personenliften, waarbij een persoon voor begeleiding en bediening aanwezig is, worden in de meeste gevallen eenvoudige sluitingen aangebracht. Veiligheidshekken en deuren kunnen ook automatisch door de liftkooi geopend en gesloten worden. Snelheidsregulateuren worden somtijds aangebracht om bij breuken of stroomloos worden van den motor, snel dalen van de liftkooi te voorkomen en staan met de veiligheidsvanginrichting in verbinding. De electrische liftmachines hebben meestal automatisch werkende afzetbeweging om bij elke hoogte den stroom af te sluiten, als de draden slap hangen of breken.

Graaf- en Baggerwerktuigen.

Litteratuur.

Allen Boyer. Mc. Daniel. Excavating Machinery. Mc. Graw Hill Book Co., New-York—Londen $ 3.
Salomon u. Forchheimer. Bagger und Erdgrabenmaschinen.
M. Paulmann en R. Blaum. Die Nassbagger. Springer Berlijn.

Graafmachines of excavatoren.

De graafmachines hebben veelal een beweegbaar of bewegend onderstel. Loopen zij niet op sporen, dan worden zij algemeen van een caterpillar voorzien.

I. Graafmachines met één bak.

a. Grijpmachines, in hoofdzaak bestaande uit een kraan of transportbrug, door middel waarvan een ijzeren bak, in den vorm van een grijper, naar beneden gelaten wordt. De machines vorderen veel tijd voor het op- en neerlaten van den bak. Zij kunnen doelmatig worden gebruikt voor groote diepte, zoowel in den droge als onder water en in smalle ingravingen, terwijl de grondsoort bij voorkeur eenigszins los moet zijn.

De emmers hebben een inhoud tot 9 M³. Een opbrengst van 1000 M³ per dag kan er mede worden bereikt.

Grijpemmers volgens systeem Morris en Cunnings:

grijpinhoud van den emmer in KG.	500	1 000	1 500	2 000
hoeveelheid gebaggerde grond tot 6 Meter hoogte in 10 uren:				
zand, slik of kies in KG	250 000	500 000	650 000	800 000
kleigrond in KG	15 000	300 000	400 000	500 000
prijs van een grijper met emmer in gld. (1912)	5 700	7 500	9 400	10 800
gewicht van de kraan met grijper in KG	10 000	15 500	18 000	21 000

Bij lichte grondsoorten heeft men hoogstens 2 man noodig voor de bediening van de kraan; voor kleigrond, welke moeilijker te lossen is, zijn 3 of 4 man noodig.

b. Eénemmermachines of stoomschoppen, in den vorm van een beweegbare groote schop (lepel), werken alleen van beneden naar boven en kunnen slechts tot een beperkte hoogte van afgraving van ongeveer 5 Meter worden gebruikt.

De *lepelbagger* is een stroomkraan, welks hijscharm, afzonderlijk of met het onderstel, draaibaar is om een verticale as. Ongeveer in het midden van den hijscharm is om een scharnierinrichting beweeglijk bevestigd (al dan niet verstelbaar) een 2e arm of steel, aan welks uiteinde een emmer zit. Door middel van een staaldraad of ketting, gaande door takels naar een lier, kan de emmer op of neer bewogen worden. Emmerinhoud 0,5 tot 5 M³, van staalplaat met een verwisselbaren snijrand en beweeglijken bodem voor het lossen van den inhoud. Men vindt de éénemmermachines ook toegepast in den vorm van een enkelen emmer opgehangen aan een kabel, welke door een kraan of toren wordt opgeheven langs den te ontgraven grond. Zij heeten dan *sleepemmermachines*.

Zij dienen veelal alleen voor het opwerpen van dijken.

Voor het ontgraven van kanaalprofielen staan zij het gunstigst beneden in het profiel.

De sleepemmers met toren kunnen per uur 40 à 50 M³ grond verzetten. Het vullen en ledigen van den bak vordert veel tijd. Naar gelang van de grondsoort kunnen per uur per PK 2 tot 20 M³ worden vergraven.

Prijs van een lepelbagger (systeem Menck en Hambrock) (fig. 1) voor een theoretisch vermogen van 1000 M³ per dag van 10 uren ongeveer f 16 000 (1912),

II. Graafmachines met emmerladders.

De emmerladders kunnen naar de wijze en den vorm van ontgraving worden ingericht. Veelal neemt men bij één machine verschillende emmerladders.

De grootere soorten leveren 100—150 M³ per uur, de kleinere 30—60 M³, terwijl

de werkhoogte tusschen de 3 en 6 Meter afwisselt. De grootste inhoud van een emmer is in het algemeen niet meer dan $^1/_4$ M³.

Bij de machines, welke met een vrijzwevenden transporteur werken, is de maximum transportlengte ongeveer 40 M.

Prijzen vóór den oorlog: Kleine en licht geconstrueerde excavatoren van 1200—3000 M³ theoretische opbrengst per dag kostten f 12 000—f 30 000. Grootere of zwaarder geconstrueerde kostten tot f 60 000. De volgende prijzen houden eenigszins verband met het vermogen en de hoogte of diepte van ontgraving;

Vermogen per uur in M³	240—160	180—120	100—60	40—20	22—12
Grootste graafdiepte in M	15	10	8	6	5
,, hoogte in M	12	10	8	6	5
Prijs van de machine	f 27000-30000	21000-24000	15000-18000	11000-13000	6500-8500
Kosten van 1 M³ ontgraven grond in ct.	3,5—5,5	4,5—6	5—8,5	7,5—15,5	9—17.

Vermogen der machines. In het algemeen is het vermogen der machines ¼ IPK per M³ per uur.

Gemiddeld is de opbrengst 30 tot 50 emmers per minuut.

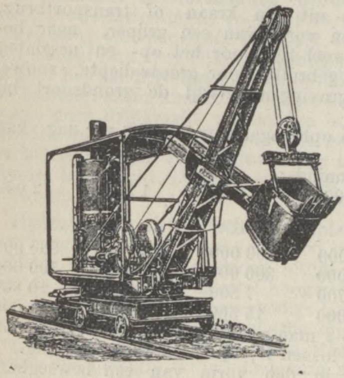


Fig. 1.

Bij het maken van de Waalhaven te Rotterdam werden in het gunstige seizoen per week door 4 excavatoren gemiddeld niet meer dan 30 000 M³ ontgraven. De grond was klei. De aannemingssom was ongeveer f 0,41 per M³. De baggering van het verdere gedeelte werd aangenomen voor f 0,17 per M³ voor een hoeveelheid van 3 à 4 millioen M³ en waarbij voldoende loswal was te vinden.

Bediening. Elke machine vordert een machinist, een stoker en 2 à 3 man voor beweging van de lieren en den stortbak.

Sleuvenbaggers (trenching machines) worden in Amerika veel gebezigd voor het graven van sleuven, voor het leggen van buizen, enz. Zij zijn emmerbaggers, die tot groote diepte (tot 8 M en meer) kunnen graven bij kleine breedte vanaf 2 ft of 0,60 M. Het vermogen is tot 450 M sleuf per dag; 5 ft wijde en 6 ft diepe sleuven worden ter lengte van 20 ft per uur gegraven. De ontgraven grond wordt langs de sleuf gedeponeerd, terwijl een aanvulmachine in verbinding met den sleufbagger kan worden gebezigd om het leggen bij te houden.

Bedrijfskosten van excavatoren.

Hieronder volgen de bedrijfskosten van twee excavatoren gebruikt bij de graving van het Kanaal 's-Hertogenbosch—Drongelen (zie beschrijving in de Ingenieur Nr. 6. 1909):

1) *Excavator van de Werf Conrad.* Frame rustend op vier driewielige assen. De wielen loopend langs drie rails, op onderlinge afstanden van 1,43 en 0,65 M. Minimum straal der bochten 500 M. Emmerladder met 24 emmers. De grond wordt gelost in spoorwagens, welke onder den stortbak gereden worden.

Vlampijpketel met V.O. van 42 M² en werkdruk van 2 atm. levert stoom aan:
1. de graafmachine,
2. de ladderliermachine tot het verstellen van de emmerladder,
3. de rijmachine tot voor- en achteruitbeweging van den excavator,
4. de verhaalmachine tot het trekken van de wagens onder den stortbak.

Maximum graafdiepte 4,5 M.
Theoretische opbrengst 240 M³ per uur.
Aantal emmers per minuut 30.
Inhoud van een emmer 140 L.
Gemiddelde werkelijke opbrengst per 11-urigen werkdag 2000 M³.
Gemiddelde werktijd per jaar 240 dagen of ongeveer 2/3 jaar.

Bediening.

1 molenbaas à f 2,50 per dag		= f 3,75
1 machinist à - 2,50 ,, ,,		= - 3,75
1 stoker à - 2,15 ,, ,,		= - 2,15
1 vlaggeman à - 2,15 ,, ,,		= - 2,15
Per werkdag		= f 11,80
Steenkolen per dag 20 HL à f 1,00		= - 20,—
Kolen- en waterdrager à f 1,70 per dag		= - 1,70
(het water wordt medegevoerd in een reservoir, dat met den excavator wordt voortbewogen).		
Olie, vet en poetskatoen 12 L olie, à 0,15 L	= f 1,80	
3 KG vet à f 0,25	= - 0,75	
0,75 KG poetskatoen à f 0,50	= - 0,38	
Samen		= - 2,93
Onderhoud per week f 100,— of per dag		= - 16,60
Rente en afschrijving; Afschrijving 10% van den aankoopsprijs, Renteverlies 6% ,s jaars, of totaal voor rente en afschrijving ± 14,4% van den aankoopsprijs à f 30 000 wordt f 4320,— of per werkdag (rente en afschrijving der rails buiten beschouwing gelaten)		= - 18,—
Totale kosten per werkdag alzoo		= - 71,03
of per M³ verplaatsten grond 1/2000 gedeelte of		= - 0,036

2) *Excavator van de Lübecker-Maschinenbau-Gesellschaft te Lübeck.*

Frame veerend rustend op vierwielige wagentjes, welke op dubbelspoor elk van 0,90 M spoorwijdte loopen. De assen dezer sporen zijn 5 M van elkaar verwijderd. Minimum straal der bochten 150 M. De emmerladder is gebroken en verstelbaar opgehangen aan kettingen, welke kunnen worden gevierd of aangehaald. Aan de andere zijde van het frame bevindt zich de transporteur, bestaande uit een 22 M langen arm, aan staaldraden opgehangen. Op den transporteur zijn rollen bevestigd, waarop een transportband ter breedte van 1 M loopt, welke zich met het einde 20 M boven den beganen grond kan verheffen.

Een horizontale vlampijpketel met een V.O. van 50 M² en een werkdruk van 8 atm. levert stoom aan:

1. De hoofdmachine van 50 EPK met hoogdruk- en laagdrukcylinder, welke machine wordt gebezigd voor:

a. het voor- en achteruitbewegen van den excavateur-transporteur;

b. het bewegen van de emmers;

c. het verstellen van de emmerladder, welke bewegingen door het verstellen van handels afzonderlijke kunnen worden verkregen.

2. een machine van 10 EPK tot beweging van den transportband;

3. een machine van 6 EPK tot drijving van een dynamo voor de electrische verlichting, bestaande uit 4 booglampen.

Maximum graafdiepte 4,8 M.
Theoretische opbrengst 225 M³ per uur.
Aantal emmers per minuut 15 tot 18.
Inhoud van een emmer 250 Liter.
Gemidd. werkelijke opbrengst per 11-urigen werkdag 1250 M³.

Langs de rails, waarover de machines voortbewegen, wordt medegevoerd een reservoir voor ketelwater van 3,5 M³ inhoud, en een magazijntje voor reservedeelen, waarin 2 à 3 werklieden voor reparatie werkzaam zijn.

De grond kan door een verstelbaren ploeg, op den transporteur aangebracht, op elken gewenschten afstand worden neergestort tot een maximum afstand van 45 M uit het eind der emmerladder. De sporen behoeven niet te worden geschift en worden gelegd over een afstand van 100—150 M vóór den excavateur. Gewicht der machines 170 000 KG.

Bedrijfskosten. Gerekend wordt een werktijd van 250 etmalen per jaar.

Bediening:

1 onderbaas à f 3,50 per dag	= f 5,25
1 machinist à - 2,50 ,, ,,	= - 3,75
1 molenbaas à - 2,50 ,, ,,	= - 3,75

1 stoker	à - 2,15	,, ,, ...	= f 2,15
2 smeerders	à - 1,90	,, , ...	= - 3 80
1 kolendrager	à - 1,70	,, ,, ...	= - 1,70
2 waterpompers	à - 1,70	,, ,, ...	= - 3,40
1 bewaker	à - 1,80	des zondags	= - 0,15
6 grondafzetters	à - 1,80	voor het slechten, alleen overdag	= - 2,70
		Samen per dag	= f 26,65

Steenkolen per dag 28 HL à f 1,— . . . . = - 28,—

Smeermiddelen 16 L olie à f 0,15 = f 2,40
4 KG vet à f 0,25 = - 1,—
1 KG poetskatoen = - 0,50
Samen . . . . = f 3,90

Onderhoud:

1 magazijnmeester à f 1,80	overdag	= f 1,80
1 timmerman à f 2,75	,,	= - 2,75
1 smid à f 2,15	,,	= - 2,15
reparatiemateriaal		- 35,—
samen		= f 41,70

of per werkdag ½ gedeelte . . . . = f 20,85

Rente en afschrijving:

Rekent men een jaarlijksche waardevermindering van 20% en een rentestandaard van 6%, dan is de afschrijving 26% van de kosten of f 60 000 = f 15 600 d. i. per werkdag ½ × 1/250 × f 15 600,— . . . . . . = f 31,20

Totaal zijn de kosten per dag = f 110,60

of per M³ verzetten grond 1/1250 gedeelte = f 0,09.

Hieronder zijn niet gerekend de kosten van leggen der sporen en vervoeren met opstellen van den excavateur.

Sleuvenbagger van de F. C. Austin Drainage Excavator Co. te Chicago voor het graven van rioolsleuven van 2 ft wijdte bij een gemiddelde diepte van 11 ft (maximum 22 en minimum 4 ft). De gemiddelde bedrijfskosten van de gasoline-graafmachine waren

voor de machine	13,6 cents
diversen	1,4 ,,
leggen der pijpen	4 ,,
aanvulling met grond	3 ,,
samen	22 cents per foot

of ongeveer f 1,65 per Meter bij een gemiddelde lengte sleuf van 220 ft per dag.

Een *sleuvenbagger van de Buckeye Traction Ditcher Comp.* te Findlay (Ohio) groef in 4½ uur een sleuf van 310 Meter van 45 cM wijdte en 0,90 M diepte in stijve klei voor het leggen van gasbuizen.

Baggertoestellen en baggermachines.

1. **De bagger- of handbeugel** is zeer geschikt voor het baggeren van kleine hoeveelheden (tot ± 100 M³) bij niet te groote diepte (tot 2,50 M bij lichte grondsoorten) en bij moeilijk te benaderen plaatsen. De inhoud van den baggerzak (zeildoek) bedraagt 1/80—1/60 M³. Per uur baggert een man naar gelang van de soort van grond 1/2 tot 1 M³. Bij harden grond helpt een tweede man met trekken en ophalen en bezigt men veelal een ijzeren schop in plaats van een zak.

Voor het baggeren van nauwe sleuven voor zinkers van waterleiding- of gasbuizen bezigt men veelal grootere schoppen (1/30—1/20 M³ inhoud), welke met een lier worden opgehaald. De duur van elke baggering, welke alsdan met 6 man geschiedt, bedraagt hierbij ongeveer 4 minuten.

In het algemeen kan men een prijs rekenen van f 0,40 à f 0,50 per M³ grond baggeren met den beugel, met het vervoer te water over 100 Meter en lossen uit de hand.

2. **Emmerkettingbaggermachines** zijn de beste machines voor open water en niet al te lichte bodemsoorten. Zij hebben het voordeel van op gelijkmatige diepte te baggeren; in smalle vaarwaters belemmeren zij door de zijankers echter het verkeer. Zij worden algemeen door stoom bewogen. De stoommachine is een eenvoudige hoogedrukmachine of voordeeliger van het compound- of triple-compoundsysteem. De machines werken met 7 à 8 atm. overdruk en hebben veelal een vermogen van

150 IPK. In het algemeen kan men rekenen op ½ tot 1 IPK per M³ opbrengst per uur. Het kolenverbruik is ongeveer 100 KG per uur.

De emmerketting bevat gemiddeld 30 à 40 emmers tot een maximum theoretischen inhoud van 1 M³ per emmer (gemiddeld 300 tot 500 Liter). De overbrenging van beweging geschiedt bij de meeste molens met riemen, bij enkele met tandkroonraderen.

De grootste diepte ,waarop bij veranderlijken waterstand kan gebaggerd worden, bedraagt ongeveer 12 Meter en bij stil water tot 15 Meter, daar het vermogen wegens de groote wrijving tengevolge van het gewicht afneemt. De baggermolens kunnen niet veel deining velen; hoogstens 30 à 40 cM en zijn daardoor in riviermonden voor een groot deel van het jaar onbruikbaar.

Het gemiddeld vermogen van een emmerbaggermachine is:

bij 3 Meter diepte werkend per uur per PK 5—8 M³ bij ± 6 Meter hefhoogte.
,, 10—12 ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, 2—3 ,, ,, ± 16 ,, ,,

De snelheid der emmers is ongeveer 0,25 per secunde.

De opbrengst wisselt van 50—600 M³ per uur; bij gemiddelde grootte 200—300 M³ per uur. In het algemeen kan men voor groote baggermolens rekenen op een opbrengst per week van 6 werkdagen van 16 werkuren van 12 à 14 000 M³ zand; bij fijn klopzand of stijve klei, die slecht lost, evenwel 7 à 8000 M³. Het aantal emmers, dat per minuut wordt opgebaggerd, bedraagt 6 bij moeilijk, tot 18 bij gemakkelijk te bewerken grond. De emmers zijn veelal tot ± 2/3 gevuld.

Uitgevoerde baggermolens: Emmerbaggermolen van de werf der Kon. Nederl. Grofsmederij te Leiden:

Hoofdafmetingen: lengte 45,50 M, breedte 7,65 M, holte 3,30 M. Vermogen van de machine 200 IPK, maximum baggerdiepte 12 Meter; emmerinhoud 570 Liter.

Zeewaardige emmerbaggermolens van de werf ,,Gusto" firma A. F. Smulders. 1908:

a. Lengte 51,50 M, breedte 9,30 M, hol 3,80 M. De molen is voorzien van 2 schroeven voor eigen beweging en 2 compound-machines van te zamen 520 IPK, waarvoor de stoom wordt geleverd door 2 ketels met een totaal V. O. van 240 M² voor een werkdruk van 8 atmosferen.

b. Emmerbaggermolen voor Kopenhagen: lengte 34 M, breedte 9 M, holte 3 M. Het schip is voorzien van een hoofdmachine van 250 PK voor het drijven van den emmerketting, een dynamo voor electrisch licht, en van 6 stoomlieren (één ladderlier, twee boegverhaallieren, één ankerlier, tevens voor de voorwaartsbeweging, één gecombineerde achterlier en één lier voor het heffen van de stortgoten. De ketel heeft 80 M² V.O. en 8 atm. druk.

c. Voor de Italiaansche regeering: emmerbaggermolen met hopper en twee schroeven tevens zuig- en persvaartuig.

Lengte 64,5 M, breedte 10,5 M, diepte 5,3 M. Het vaartuig heeft 2 verticale compoundmachines van 300 PK elk, welke ieder één schroef bewegen, doch te zamen den emmerketting. Verder bevat het een zandpomp, een centrifugale waterpomp, een perspomp in staat 300 M³ specie weg te persen over 600 M tot een hoogte van 2 Meter een waterpomp gedreven door speciale machine, 6 stoomlieren, enz. Twee ketels van 120 M² V. O. geven den stoom aan al deze machines bij 8 atm. stoomdruk. De molen is berekend voor een opbrengst van 300 M³ per uur met den emmerketting en van 600 M³ met de zuigbuis tot op een diepte van 15 Meter. Inhoud van den hopper is 500 M³.

d. Zelfstoomende emmerbaggermolen met zuig- en persinrichting ,,Hsin-Ho" voor de Hai-ho Conservancy Commission te Tientsin (fig. 2).

Lengte 48 M, breedte 11 M, holte 3,60 M. Het vaartuig heeft twee verticale compound machines van 320 PK elk, die ieder één schroef kunnen bewegen, terwijl voor den emmerketting, de zandpomp of de perspomp één machine voldoende is.

De baggerdiepte, zoowel voor baggeren met den emmerketting als voor de zandpomp is 7,90 M, de opbrengst met den emmerketting 450 M³ per uur en die van de zandpomp 500 M³, terwijl de persafstand 300 M bedraagt bij een hoogte der uitmonding der persleiding van 2,70 M boven de waterlijn.

Voordat de grond door de perspomp gaat, moet deze een rooster passeeren, voorzien van sneldraaiende messen, waardoor de zware stukken worden fijngemaakt, terwijl een krachtige waterstraal, aangevoerd door een speciale hooge drukpomp en op dezen rooster gericht, verstopping daarvan voorkomt. De zandpomp kan aan de perspomp worden gekoppeld, en dan ook als perspomp werken, waardoor de perslengte wordt verhoogd.

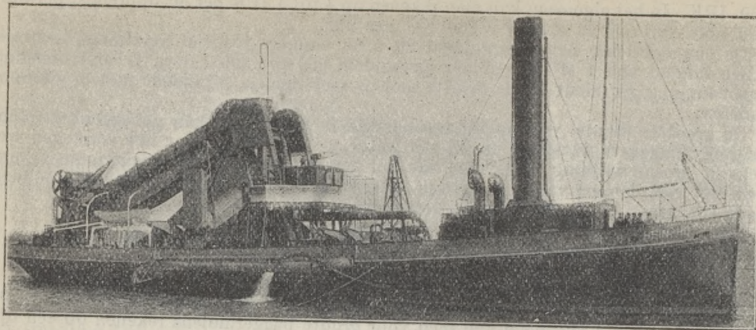


Fig. 2.
Zeewaardige emmerbaggermolen, voorzien van zuig- en persinrichting, geleverd voor de havenwerken van Tientsin (China).

De zuigbuis is een zoogenaamde sleep-zuigbuis.
Emmerbaggermolens van de werf „Conrad" te Haarlem.

a. Baggermolen „Sindoro" voor het Marine-etablissement te Soerabaya (1910): Lengte 43,80 M, breedte 7,60 M, holte 3 M. Baggerdiepte 0 tot 14 Meter, opbrengst per uur 300 M^3, emmerinhoud 480 L. De baggerinrichting wordt gedreven door een vertikale compoundmachine van 165 IPK met 125 omwentelingen per minuut. De stoom wordt geleverd door een ketel met 80 M^2 V. O. voor een stoomdruk van 8,3 KG/cM^2. Bovendeks bevinden zich: 1 stoomladderlier, 3 stoomlieren voor de vóór-zij- en achterwaartsche bewegingen, 2 stoomlieren voor het hijschen der stortbakken en verhalen der naast den molen liggende bakken, en één stel stoomcilinders voor het overgooien der stortklep.

b. Baggermolen „Bromo" voor de havenwerken van Tandjong Priok (1910): Lengte 54 M, breedte 10 M, holte 4,50 M. Baggerdiepte 12 M, opbrengst 500 M^3 per uur, emmerinhoud 800 Liter. Twee compoundmachines van 300 IPK met 150 omwentelingen kunnen elk afzonderlijk door middel van een staande as de baggerinrichting drijven of op de schroefassen gekoppeld worden, en daarmede het schip een snelheid geven van 15 KM per uur. Lieren, enz. als bij de „Sindoro".

c. voor de Publieke werken in Roemenië (tevens persbaggermolen): Lengte 51,20 M, breedte 11,50 M, holte 3,75 M. De opbrengst is berekend op 600 M^3 per uur op baggerdiepten van 0 tot 9 Meter met een emmerinhoud van 1000 Liter. De opgebaggerde grond kan worden gestort in naast den molen liggende vaartuigen of in een kist in den molen zelf, waaruit de grond wordt opgezogen en weggeperst door een centrifugaalpomp 400 Meters ver en 5 M hoog door een drijvende leiding van 70 cM diameter.

De componud baggermachine ontwikkelt 350 IPK bij 130 omwentelingen; de pompmachine (triple compound) 500 IPK bij 150 omwentelingen.

De twee ketels hebben elk 150 M^2 V. O. met 11 atm. stoomdruk. Verder bevat de molen nog 6 stoomlieren (1 ladderlier, 1 boeglier, 2 voor-zijlieren, 1 achterlier en 1 stortbaklier).

Pompen- of zuigbaggers (zandzuigers).

De pompen of zuigbaggers kunnen dienen voor het opbrengen van zand en klei onder water. In het laatste geval is voor de opening van de zuigbuis een snijkop of „cutter" aangebracht om den grond los te werken.

Zelfladende zandzuigers zijn veelal stoomklepschouwen met centrifugaalpomp en zuigbuis, middelscheeps aangebracht in een open bun, het wederzijdsche laadruimten of op zijde aan den buitenkant van het schip, hetgeen beter is. Het zand wordt door den waterstroom medegevoerd in de verhouding van ongeveer 1 dl. zand op 6 à 10 dln. water.

De zuigers kunnen werken tot een diepte van 10 à 20 Meter beneden den water-

spiegel en ook bij deining, mits de wind- en stroomrichting samenvallen, tot een hoogte van 100 cM. De diepgang van een geladen zandzuiger bedraagt gemiddeld 3 à 4 Meter.

De grootte der laadruimte bedraagt 150—400 M^3; het vermogen der machines 30—80 PK. Een laadruimte van 300 M^3 wordt gemiddeld in $1\frac{1}{2}$ à 2 uur gevuld. Het vermogen van een zandzuiger hangt zeer van de hoedanigheid van het zand af. Gemiddeld kan men rekenen op 5000 M^3 per week, de inhoud in den zuiger gemeten. Bij een door de firma J. en K. Smit te Kinderdijk geleverden zandzuiger was de opbrengst te Calais per 10 werkuren ongeveer 1200 M^3, te Duinkerken (slibhoudend zand) 440 M^3 en te Boulogne 1000 M^3.

Uitgevoerde zuigbaggers.

Type zelfladende zandzuiger „Adam II" van J. en K. Smit te Kinderdijk, met middenscheeps liggende zuigbuis:

Lengte 33,3 Meter, breedte 7,95 M, hol 3,20 M van vlak tot gangboord, laadruimte 139 M^3, diepgang geladen 3 Meter. Lengte zuigbuis 9.80 M. Middellijn centrifugaalpomp 1,60 M; stoommachines 35 PK.

Vermogen 400—500 M^3 per werkdag.

Duur van varen en lossen naar de losplaats en terug op een afstand van 5,5 KM bedraagt ongeveer 7 kwartier (Rotterdamsche waterweg).

Zelfstoomend zuigbaggervaartuig „Java" van de werf „Gusto" te Schiedam (1911) bestemd voor Soerabaya:

Het vaartuig heeft een lengte van 70 M, breedte 11 M, holte 5 M en is voorzien van 4 hoofdmachines, waarvan 2 elk van 450 PK en 2 elk van 280 PK, welke met de noodige lieren gevoed worden door 2 scheepsketels, elk van 165 M^2 V. O. en werkende met een druk van 12 KG/cM^2. Het werktuig is in staat zijn eigen laadruim te vullen en tot op een diepte van 5 tot 25 M beneden den waterspiegel te zuigen. De zandpompen vullen het laadruim van 700 M^3 inhoud in 35 minuten met vaste specie, waaronder begrepen de tijd voor het laten zakken en ophijschen der centrale zuigbuizen.

Zuigperswerktuigen bezitten in plaats van emmerladder een centrifugaalpomp, door middel waarvan met een zuigbuis grond uit den bodem of uit een grondschouw kan worden gezogen en door een buis kan worden weggevoerd. Worden grondschouwen geledigd, dan legt men deze naast het vaartuig en laat de zuigbuis er in af, terwijl tevens in de grondschouw een krachtige waterstraal wordt gevoerd door middel van een tweede in het schip opgestelde pomp, om de zandmassa eenigszins vloeibaar te maken. Somtijds wordt een tweede centrifugaalpomp hetzij in de afvoerbuis of in een afzonderlijke buis ingelascht, welke den arbeid van de eerste pomp versterkt. Met een krachtig perswerktuig kan onder gunstige omstandigheden fijn zand bij een opvoerhoogte van 3 Meter boven de waterlijn over een afstand van 500 à 600 M en bij een opvoerhoogte van 7 à 8 Meter boven den waterspiegel 200 à 300 Meter ver worden weggevoerd. Bij fijn zand kan de opbrengst 20 000 M^3 per week bedragen.

Moderne perswerktuigen kunnen de specie over eenige KM afstand wegpersen.

Exploitatiekosten van een zandzuiger met vermogen van 1000 M^3 grond per uur door een persbuis lang 1000 M opgevoerd 3 Meter boven water waren vóór den oorlog:

rente en afschrijving 15% van de kosten van aanschaffing ad f 450 000	f 67 500
assurantie 5%	- 22 500
kolen	- 150 000
personeel	- 40 000
onderhoud, sleepbooten, enz.	- 70 000
Samen . . .	f 350 000

grondverzet 250 dagen à 20 uren à 1000 M^3, wordt 5 000 000 M^3, geeft f 0,07 per M^3.

Lepelbaggers (dipper dredges).

Deze bezigt men voor het ontgraven onder water van losgewoelden rotsgrond, evenals den vierdeeligen grijpemmer (orangepeel bucket). De lepelbagger bestaat evenals bij de stoomschoppen uit een lepelbak van enkele kubieke meters inhoud, bevestigd aan het einde van een boom, welke zich beweegt door een tweeden boom, welke voor draaiing in het horizontaal vlak dient. De bak wordt met een kabel verticaal omhoog getrokken. De bak is voorzien van een lossen bodem en van zware tanden om de stukken rots op te scheppen.

Grijpemmerbaggers.

Deze bestaan evenals bij de graafmachines uit een kraan, door middel waarvan

een grijper naar beneden gelaten wordt. Deze is veelal vierdeelig (orangepeel bucket) bestaande uit vier kleppen beneden puntig toegespitst.

Grondschouwen.

Deze zijn in gebruik in drie soorten:

1. Elevatorbakken met vasten bodem. De grond wordt uit deze bakken door zuigperswerktuigen verwijderd. Inhoud 40 tot 400 M³.

2. Grondklepschouwen of onderlossers met bodem, bestaande uit kleppen, vastgehouden door kettingen, verbonden aan een beweegbare as, welke boven de lading uitkomt. Inhoud 30 tot 350 M³.

3. Stoomklepschouwen of hopperbaggers, welke in het achterschip een stoomwerktuig bezitten.

Prijzen van baggermolens.

Zeewaardige molens.

Vermogen	200	30	500	M³ per uur.
Prijs vóór den oorlog	150 000	250 000	700 000	gld.

Stoomhopperbaggers:

Inhoud	300	400	500	M³.
Prijs vóór den oorlog	150 000	200 000	300 000	gld.

De grootste in ons land gebouwde (stoom-) hopper van de werf Conrad (1912) heeft een lengte van 85 M, breedte 15 M, laadvermogen 2700 ton, snelheid 10 mijl, machine 3000 IPK.

Kosten van baggerwerk.

De kosten per eenheid grondverzet dalen in het algemeen naarmate het vermogen der baggerwerktuigen stijgt en de hoeveelheid van den weg te baggeren grond grooter wordt.

Baggerwerk met stoombaggermachines in open water:

Personeel. Op een baggervaartuig heeft men noodig

een kapitein	salaris f 5,00	per dag (vóór den oorlog.)
een machinist	,, - 3,00	,, ,, ,,
minstens twee arbeiders	,, - 2,00	,, ,, ,,
en dikwijls een stoker (hulpmachinist)	,, - 2,50	,, ,, ,,

Bij onafgebroken dag- en nachtwerk is het dubbel aantal personen noodig.

De kosten zijn in hooge mate afhankelijk van de lossing van den gebaggerden grond en van het vervoer heen en terug van en naar de plaats van het baggerwerk.

Van de 24 uren werktijd (dag en nacht) met dubbelen ploeg kan worden gerekend te worden gebruikt:

voor het baggerwerk zelf ongeveer	76 %
,, het verleggen van ankers	4 %
,, herstellingen	6 %
,, smeren van de machine	2 %
,, verwisselen der emmers, enz.	2 %
,, gebrek aan baggerschuiten	5 %
,, ongunstig weder	2½ %
,, oponthoud door scheepvaart, aanwezigheid van steenen, boomstammen, enz.	2½ %
Samen	100 %

De kosten van het baggeren zelf waren per M³ baggergrond met een machine van 50—200 M³ per uur in niet al te ongunstige omstandigheden vóór den oorlog f 0,08 à 0,06. Het op den wal persen van 1 M³ grond kon worden gesteld op ongeveer f 0,08.

Vervoer en lossen. Op afstanden grooter dan 1 KM heeft het vervoer meestal plaats met schuiten op het sleeptouw van een stoomboot, of door vaartuigen met eigen beweegkracht.

Voor een gemiddelden afstand van 7 KM zijn de kosten van vervoer per schuit van 40 M³ op sleep f 0,08 à f 0,09, waarin ongeveer f 0,04 voor de kosten van de sleepboot. Deze kosten bedragen voor een 100 M³ praam met eigen stoomvermogen f 0,02 en voor een 200 M³ praam f 0,01⁵. In de prijzen zijn begrepen afschrijving en rente 8% van het aanschaffingskapitaal, arbeidsloonen en herstelling, terwijl aangenomen

is, dat het lossen geschiedt door openzetten van de kleppen der als onder- of zijlosser ingerichte baggerschuiten.

Volgens de bestekken voor het onderhoud van Rijksrivierwerken, waren vóór den oorlog de eenheidsprijzen van de baggerwerken als volgt:

Rijn en Lek: 1 M^3 specie baggeren, vervoeren over hoogstens 1000 M stroomopwaarts en 4000 M stroomafwaarts en lossen op aan te wijzen plaatsen langs de rivier in de loswallen gemeten:

bij hoeveelheden tot 1 000 M^3 . . . . f 0,88
,, ,, ,, 1 500 ,, ... - 0.27
bij ,, ,, 2 000 ,, ... - 0,26
,, ,, ,, 2 500 ,, ... - 0,25
,, ,, ,, 3 000 ,, ... - 0,24
,, ,, ,, 5 000 ,, ... - 0,22
,, ,, ,, 10 000 ,, ... - 0,20

Bovenstaande cijfers worden verhoogd, indien de gebaggerde specie door persing moet worden gelost, per M^3 met . . . . - 0,07
voor vervoer over grooteren afstand dan 1 KM opwaarts voor elken KM per M^3 met . . . . -0,01₅
idem voor afwaarts voor elken KM per M^3 met . . . . -0,01

Maas: 1 M^3 grint, steenen, grond of zand baggeren, vervoeren over niet meer dan 1000 M stroomafwaarts en verwerken . . . . - 0,50
idem opwaarts . . . . - 0,55
voor iedere 1000 M verder afwaarts vervoer . . . . - 0,03
,, ,, 1000 ,, ,, op ,, ... f 0,06—0,08
1 M^3 specie baggeren, vervoeren over niet meer dan 1000 M stroomafwaarts en verwerken . . . . f 0,28
idem stroomopwaarts . . . . - 0,30
(Alles in de losplaats gemeten)
Iedere 1000 M afwaarts . . . . -0,03
,, 1000 ,, opwaarts . . . . - 0,06
Voor oergrond of hard veen per M^3 . . . . - 1,00

Het baggeren op de Maas geschiedt met emmerbaggerwerktuigen, die op kettingen en niet uitsluitend op boegkettingen werken, zoodat zij in staat zijn in bepaald profiel te baggeren. Bij meting der baggerspecie in de middelen van vervoer, wordt geacht, dat 115 M^3 aldus gemeten, gelijk zijn aan 100 M^3 in den loswal gemeten.

De kosten van het baggerwerk met vervoeren en lossen bedroegen bij aanneming in de laatste jaren vóór den oorlog ten behoeve van de werken aan den Rotterdamschen waterweg: bij vervoer van den grond over 6 à 7 KM naar de zee per M^3 f 0,24 tot f 0,35 na aftrek van de bijkomende kosten voor personeel, woningen, dienstvaartuigen, enz.

Het baggeren van grond uit de Waalhaven te Rotterdam (1908—'10) kostte f 0,15 per M^3, als de grond naar den loswal te Schiedam werd vervoerd en f 0,20 per M^3, als hij werd opgespoten in den loswal te Courzand.

Het baggeren van grond in beperkt water als kleine rivieren, haventjes, kanalen, grachten, enz. kost uit den aard der zaak meer dan in open water.

Zoo bedroegen de kosten voor 1 M^3 grond baggeren in de kanalen in Overijssel met het plaatselijk verwerken aan kanaaldijken of met het vervoeren te water over 1000 M f 0,40 à 0,50. Bij de onderhoudswerken aan het Merwedekanaal eveneens f 0,40 à f 0,45.

BEDRIJFSRESULTATEN VAN BAGGERWERKEN TE STETTIN EN STRALSUND IN 1907.

Soort bagger machine	Vermogen der machine in I.P.K.	Getal		Gemiddeld aantal arbeidsuren per dag	Grondverzet (in de pramen gemeten)			Kolen-verbruik		Gemidd. afstand van de losplaats	Bedrijfs- en onderhoudskosten met inbegrip van vervoer en lossen					OPMERKINGEN
											Bedrijfskosten			Onderhoudskosten		
		Arbeidsdagen	arbeidsuren		totaal M³	per dag M³	per uur M	totaal ton	voor 1 M³ grond KG	KM	totaal Mk	per dag Mk	per M³ grond Pfg	totaal Mk	per M³ grond Pfg	
Emmer-bagger	6	151	1 192	7,9	26 289	173,5	22,0	19,97	0,76	1,0	14 470	95,5	55,0	5 574	21,2	De grond was zand, turf, slik, klei en modder en werd gedeeltelijk uitgekruid en gedeeltelijk geworpen.
Emmer-bagger	6	184	1 362	7,4	54 830	298,0	40,2	30,65	0,56	2,1	250 73	136 3	45,7	7 191	13,1	De grond was zand zonder en met steenen, slappe klei, turf en modder, grootendeels op het land gespoeld, overigens geworpen.
Emmer-bagger	85	236	1 965	8,3	283 200	1 200,0	144,0	173,29	0,61	4,0	51 062	216,0	18,0	20 125	7,1	De grond was hard zand, zand met schelpen, slik, klei, kies en steenen, de grond werd verstort en voor het vervoer dienden 2 stoompramen.
Emmer-bagger	70	220	2 378	10,8	309 470	1 406,7	130,1	139,68	0,45	1,0	41 860	190,0	13,5	14 016	4,5	De grond was veengrond, zand met leem en slik, gedeeltelijk op sleeppramen verstort, gedeeltelijk op het land gespoeld.
Centrifugaal-pompen-bagger	38	57	465	8,2	11 815	207,3	25,4	75,12	6,36	4,6	8 796	154,3	74,4	3 221	27,3	De grond was voornamelijk zand met slik, deels met eigen buisleiding op het land gespoeld, deels met sleeppramen verstort.
Emmer-bagger	156	126	1 284	10,2	289 315	2 296,1	225,2	207,—	0,72	7,0	52,064	413,2	18,0	22 932	7,9	De grond was zand met schelpen en slik, voor het lossen van den grond werden 3 stoompramen gebruikt.

BEDRIJFSRESULTATEN VAN BAGGERWERKEN TE STETTIN EN STRALSUND IN 1907.

Soort baggermachine	Vermogen der machine in I.P.K.	Getal: Arbeidsdagen	Getal: Arbeidsuren	Gemiddeld aantal arbeidsduren per dag	Grondverzet (in de pramen gemeten): totaal M³	per dag M³	per uur M³	Kolenverbruik: totaal ton	voor 1 M³ grond KG	Gemidd. afstand van de losplaats KM	Bedrijfskosten: totaal Mk	per dag Mk	per M³ grond Pfg	Onderhoudskosten: totaal Mk	per M³ grond Pfg	OPMERKINGEN
Emmerbagger	5	78	541	6,9	12 190	156,3	22,5	17,50	1,44	0,1	9 344	119,8	76,7	564	4,6	De grond was turf en slik met schlepen. De grond werd uitgekruid.
Emmerbagger	178	145	1 443	9,9	288 185	1 987,5	199,7	265,—	0,92	7,0	58 311	402,1	20,2	26 024	9,0	De grond was zand, leem, turf en slik, voor het lossen werden 3 stoompramen gebezigd.
Emmerbagger	178	154	1 608	10,4	379 600	2 464,9	236,0	321,80	0,85	7,3	63 702	413,6	16,8	29 001	7,6	De grond was gelijk boven en werd eveneens door 3 stoompramen vervoerd.
Emmerbagger	95	182	2 200	12,1	288 785	1 586,7	131,3	276,—	0,96	3,5	61 909	340,1	21,4	23 130	8,0	De grond was zand met steenen, moergrond gedeeltelijk verstort, gedeeltelijk op het land gespoeld.
Grijpbagger	60	211	2 082	9,9	41 010	194,4	19,7	131,22	3,20	4,5	17 792	84,3	43,4	4 978	12,1	De grond was zand, steenen, slik, wortels, enz., op kleppramen verstort.
Emmerbagger	100	216	1 265	6,0	128 380	594,3	101,5	163,74	1,28	8,3	39 574	183,2	30,8	14 891	11,6	De grond was zand en modder, ± 120 000 M³ door stoompramen vervoerd, rest door sleeppramen.
Pompenschachtbagger	4 × 185 = 730	172	1) 945 2) 807 1 752	5,5 4,7 10,2	143 490	834.2	151,8	809,— 691,— 1 500,—	5,64 4,82 10,46	11,0	54 706	318,1	38,1	13 684	9,5	De grond was fijn, sterk gelaagd zand en werd in eigen laadruimte vervoerd.
Emmerbagger	40	157	841	5,36	54 289	345,8	64,5	78,88	1,45	3,0	23 605	149,0	43,5	9 220	17,0	De grond was meest dun vloeibaar en modder, hij werd in sleeppramen gestort.

Pompen en Bemalingswerktuigen.

Litteratuur.

Edw. Buttler. Modern Pumping and Hydraulic Machinery. Charles Griffin & Comp , Londen 1913.

Waterbouwkunde van Henket, cs. Deel Polders en droogmakerijen, bewerkt door A. A. Beekman. Uitgave van Cleef, s-Gravenhage.

Ch. H. Innes. The centrifugalpomp, turbines and watermotors, including theory and practice of hydraulics.

K. Hartmann und J. O. Knoke. Die Pumpen. 3. Auflage von H. Berg.

A. D. F. W. Lichtenbelt. Het scheepsstoomwerktuig. Deel III. Hulp- en bijwerktuigen, met atlas.

O. H. Müller. Das Pumpenventil.

Fr. Neumann. Die Zentrifugalpumpen, 2. Aufl. 1912, Springer.

A. Riedler. Neue Wasserwerkmaschinen.

W. H. Wheeler. The drainage of fens and lowlands.

G. Herrmann. Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen 3. Aufl. 1906.

C. Bach. Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand.
Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbstthätiger Pumpenventile.

W. H. Barr. Pumping machinery.
Construction and management of steam- and power-pumping machinery.

A. Brunne. Wasserhaltung in Bergwerken.

A. Dahme. Die Kolbenpumpe. 1908, Oldenburg.

H. Davey. Pumping-machinery.

A. von Ihering. Die Gebläse, 3. Aufl. 1913, Springer

Hugo Bethmann. Die Pumpen, deren Berechnung und Konstruktion 1912, Oscar Leiner, Leipzig.

De theoretische zuighoogte van een pomp bedraagt 10.30 M; deze atmosferische druk is evenwel niet ten volle aanwezig, daar verschillende wrijvingsweerstanden te overwinnen zijn en lekkage plaats vindt. Praktisch is dus de zuighoogte kleiner en bedraagt zij veelal niet meer dan 7 Meter.

Ook bevat de op te pompen waterhoeveelheid veelal eenige deelen lucht of andere gassen in oplossing, welke door het vrijkomen drukvermindering veroorzaken. Gewoon water met ± 5 vol. procenten lucht zal daardoor een vacuum geven van niet minder dan 0,7 atmosfeer. Ook de temperatuursverhooging van het water is nadeelig bij het zuigen van pompen, omdat zich door de verdunning van de lucht gemakkelijker waterdamp vormt. De zuighoogte vermindert b.v. bij 50° C. van het te verpompen water met 125 cM, bij 80° C. zelfs met 482 cM. Het bezwaar doet zich gevoelen bij ketelvoedingspompen met voorwarming daarvan; bij de gebruikelijke injecteurs kan bij geringe aanzuighoogte van 1 à 2 M geen warmer water dan ± 45° C. gebezigd worden.

Roest vermeerdert den weerstand met 50—100 %; voorts treden weerstanden op bij bochten, doorsnedeverandering, intrede in de zuigbuis, enz.

Bij krukmachines is een zuigwindketel gewenscht, geplaatst zoo dicht mogelijk vóór den pompcilinder; deze bevordert een gelijkmatigen toevoer van water, voorkomt, dat de waterkolom los raakt van den zuiger, voorkomt dus stooten en maakt grootere zuigersnelheid mogelijk; inhoud ketel 5—20 maal pompinhoud, waarvan $^2/_3$ lucht, welke door opname van lucht uit het water in volume toeneemt en dus nu en dan moet worden afgelaten.

Een drukwindketel, vlak achter den pompcilinder, bevordert een regelmatige afstrooming en voorkomt waterslag; inhoud weer 5 à 20 maal de pompcilinder, hier moet wegens absorptie nu en dan lucht worden ingelaten.

De doorsnede der openingen van een zuigkorf hangt af van de te verwachten meegevoerde bestanddeelen; gezamenlijk 3 à 4 maal die van de zuigbuis.

Een voetventiel verhindert het leegloopen van de buis bij stilstaande machine (b.v. kogel of klep).

Handpompen.

Het pompen is te verkiezen boven het scheppen met emmers, waar de hefhoogte grooter dan 1½ Meter is en groote hoeveelheden zijn te verplaatsen. De zuighoogte der pompen bedraagt gemiddeld 7 Meter, hoogstens, 8 Meter voor koud water. Bij warm water is zij aanzienlijk minder. Water van 70° C. is met een gewone handpomp niet meer op te zuigen. Met een handpomp verzet een man per dag ongeveer 80 M³ over 1 Meter hoogte of ongeveer 80 000 KGM. Om ongeveer te weten, hoeveel Liter water door een man per minuut kan worden opgepompt, deelt men het aantal meters totale opvoerhoogte (zuig- + pershoogte) voor gewone slingerpompen op 600, bij vliegwiel- en soortgelijke pompen op 800. Daar met handkracht bij groote pershoogten slechts kleine hoeveelheden kunnen worden gepompt, neme men in zulke gevallen liefst kleine pompen. Handpompen zijn bruikbaar tot ongeveer 20 M zuig- plus pershoogte. In het algemeen alleen bruikbaar voor kleine hoeveelheden over geringe hoogte gedurende korten tijd.

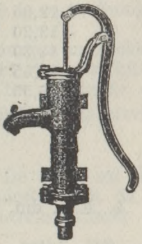


Fig. 1.

Zuigpompen.

Gewone slingerpompen (Douglas) zuigpompen (fig. 1): De Douglaspompen kunnen vorstvrij worden beschouwd, daar door den slinger geheel op te halen, het water uit het pomplichaam wegvloeit.

Diameter Cylinder	Voor zuigpijp	Slaglengte	Opbrengst per slag	Prijs vóór den oorlog
2 Eng. Duim	1 Eng. Duim	3¾ Eng. Duim	0,16 L	f 3,85
2¼ ,, ,,	1 ,, ,,	5 ,, ,,	0,27 ,,	- 4,40
2½ ,, ,,	1¼ ,, ,,	5 ,, ,,	0,33 ,,	- 4,95
2¾ ,, ,,	1¼ ,, ,,	6¾ ,, ,,	0,55 ,,	- 5,50
3 ,, ,,	1½ ,, ,,	6¾ ,, ,,	0,65 ,,	- 6,05
3¼ ,, ,,	1½ ,, ,,	7¼ ,, ,,	0,82 ,,	- 7,15
3½ ,, ,,	2 ,, ,,	7¼ ,, ,,	0,95 ,,	- 8,80
4 ,, ,,	2½ ,, ,,	7¼ ,, ,,	1,24 ,,	- 13,20
4½ ,, ,,	2½ ,, ,,	7½ ,, ,,	1,62 ,,	- 16,50

Diaphragma- of Membraanpompen.

Zij zijn bijzonder geschikt voor het pompen van vuil, zandig water zooals bij fundeeringwerken. Zij zuigen tot 7 à 8 Meter.

Afmetingen en prijzen vóór den oorlog van pompen met rubberkleppen en membranen (Acme-pompen, enz.) (fig. 2):

Diameter cylinder	Diameter zuigbuis	Opbrengst per slag	Prijs p. st. zonder zuigslang	Prijs per M zuigslang van India-rubber
9″ =22,86 cM	2½″=6,35cM	±3 L	f 38	f 6,40
12½″=31,75 cM	3″ =7,62cM	±6 L	- 47	- 7,50

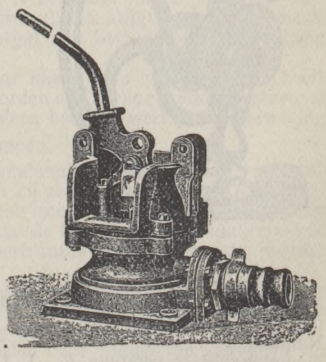


Fig. 2.

Zuig- en perspompen.

Douglas zuig- en perspompen (slingerpompen):

Afmetingen en prijzen vóór den oorlog.

Diameter Cilinder	Slaglengte	Diam. Pijp	Opbrengst per slag	Prijs per stuk
2 Eng. Duim	4 Eng. Duim	1 Eng. Duim	0,20 L	f 12,05
2¼ ,, ,,	4 ,, ,,	1 ,, ,,	0,26 ,,	- 13,20
2½ ,, ,,	5 ,, ,,	1¼ ,, ,,	0,40 ,,	- 14,30
2¾ ,, ,,	5 ,, ,,	1¼ ,, ,,	0,50 ,,	- 15,45
8 ,, ,,	5¼ ,, ,,	1½ ,, ,,	0,60 ,,	- 16,55
3½ ,, ,,	5½ ,, ,,	2 ,, ,,	0,87 ,,	- 25,60

Diaphragma zuig- en perspompen (Hannibalpompen e. a.).
Zuighoogte maximum 7 Meter, pershoogte maximum 15 Meter.
Afmetingen en prijzen vóór den oorlog:

Diameter zuig- en persbuis . .	1	1½	2	2½	3	4	Eng. dm.
Opbrengst per slag voor gemiddelde hoogte	0,33	0,66	1,6	3,—	5,5	9	Liter.
Prijs per stuk zonder buizen .	13,50	19,—	30,—	60,—	90,—	120,—	gld.

Horizontale dubbelwerkende zuig- en perspompen met zuiger heeft men in den handel in pijpwijdten van 1¼ tot 3 Eng. dm. en prijzen van f 42 tot f 85 het stuk (1912).

Roteerende pompen (fig. 3).

Nr.	Capaciteit liter per minuut bij 100 omwentelingen	diameter zuigbuis Eng. duim	Prijs Gld. (1912)
1	45	1¼	50
2	90	1½	60
4	100	2	100

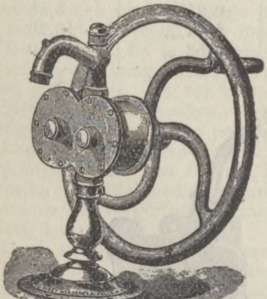


Fig. 3.

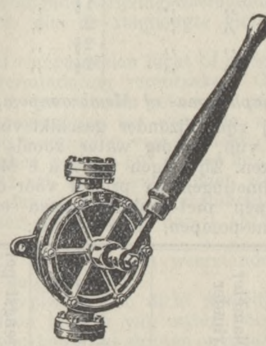


Fig. 4.

Vleugelpompen van ijzer, inwendig van koper, dubbel- en viervoudig werkend (fig. 4).

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
diameter zuig- en persbuis	¾	1	1¼	1¼	1½	1½	2	2	2½	3	3	Eng. dm.
capaciteit per minuut bij												

1 M zuig- en 1 M pershoogte en vollen slag .	30	33	45	60	85	100	130	210	290	370	450	L.
Aantal slagen per minuut	100	90	85	80	75	60	60	55	50	45	45	
Prijs per stuk vóór den oorlog	10	12	14	18	19	24	28	40	60	80	110	Gld.

Centrifugaalpompen.

Bij de centrifgaalpompen wordt het water door middel van een roteerend schoepenlichaam (waaier) tengevolge van de daaraan ontleende snelheid opgevcerd.

Tusschen de omtrekssnelheid V en de radiale uitvloeisnelheid v bij den waaaier en de opvoerhoogte H bestaat het volgende verband:

$$a\,V^2 - b\,v^2 = 2\,g\,H \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

waarin a en b zekere ervaringscoëfficiënten, waarvan de eerste bij verschillende pompen niet veel verschilt van 0,94 en de tweede in het gunstigste geval 4,3 bedraagt.

De maximale opvoerhoogte H_m, waarbij de pomp het water juist in evenwicht houdt en de uitvloeisnelheid v = 0 is, wordt dus bepaald uit

$$H_m = \frac{a\,V^2}{2\,g} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2)$$

De pomp zal het gunstigst werken, wanneer de opvoerhoogte H ongeveer het $^2/_3$ gedeelte van de maximale opvoerhoogte bedraagt, dus volgens (2) wanneer de on.trekssnelheid

$$V^2 = \frac{1{,}5}{a}\,2\,g\,H \quad \text{of} \quad V \text{ ongeveer } 1{,}26\sqrt{2\,g\,H} \text{ bedraagt.}$$

Om groote opvoerhcogten te overwinnen zijn dus groote omwentelingssnelheden noodig, zoodat men in dit geval in groote waaiers vervalt. Beter is het meerdere pompen (waaiers) achter elkaar te schakelen (hoogdrukcentrifugaalpompen), waarbij tevens het nuttig effect niet afneemt.

Blijft de omwentelingssnelheid van de pomp gelijk, dan zal deze dus bij een zekere opvoerhoogte het gunstigst werken. Wordt deze opvoerhoogte in positieven of negatieven zin overschreden, dan zal het nuttig effect van de pomp d.w.z. de verhouding tusschen de theoretisch opgevoerde waterhoeveelheid in PK en het krachtsverbruik, kleiner worden.

Bij kleinere opvoerhoogte dan de normale of gunstigste wordt de overtollige hoogte in meerdere snelheid van het water omgezet en dus de watertoevloed grooter, maar daarmede gaat een onevenredig arbeidsverbruik samen.

Bij verschillende opvoerhoogte is het gewenscht om ongeveer hetzelfde nuttig effect te verkrijgen het aantal toeren te regelen. Van alle motoren is de stoommachine eigenlijk de eenige, die hiertoe in staat is.

In het algemeen neemt bij uitgevoerde pompen bij gelijke snelheid de waterhoeveelheid toe met 65 % bij 0 Meter opvoerhoogte, wanneer de waterhoeveelheid bij de gunstigste opvoerhoogte als eenheid aangenomen wordt. Het krachtsverbruik zal blijven stijgen, maar wordt bij de meeste uitvoeringen beneden 25 % gehouden om den aandrijvenden motor niet over te belasten.

Als algemeene regel kan gelden, dat het energieverbruik stijgt met de 3e macht van het aantal omwentelingen en de opbrengst stijgt met het aantal omwentelingen tot een macht gelegen tusschen 1 en 2.

Het nuttig effect blijft steeds even groot, daar haast geen slijtage plaats heeft.

Centrifugaalpompen kunnen direct gekoppeld worden aan snelloopende machines; zij bezitten het voordeel van gemis aan kleppen en geen heen en weer gaande beweging.

Laagdrukcentrifugaalpompen.

Door het gemis aan kleppen zijn deze centrifugaalpompen zeer geschikt voor vuile vloeistoffen. De zuighoogte kan tot 7,50 Meter en bij zeer goede uitvoeringen tot 8,5 M bedragen, maar er moet op worden gelet, dat zoo min mogelijk bochten in de zuigleiding aanwezig zijn. Hoewel het gewenscht is, dat de lengte der zuigleiding zoo kort mogelijk is, kunnen zuiglengten tot 80 Meter horizontaal zonder bezwaar worden toegepast.

De gewone laagdrukcentrifugaalpompen kunnen het water zonder bezwaar tot 25 Meter hoogte opvoeren. Het aantal omwentelingen regelt zich naar de opvoerhoogte. De opbrengst kan tot pl.m. 20% worden geregeld door middel van een smoorklep in de persleiding. Het aanzuigen kan geschieden door middel van aanvullen van het pomplichaam en de zuigbuis met water, waartoe in de laatste een voetklep aan-

wezig moet zijn. Beter is het aanzuigen door middel van een vacuum, b.v. met waterstraal- of stoominjector, of bij groote zuighoogte door middel van een (electrisch gedreven) luchtpomp. In deze gevallen moet in de persleiding bij het pomplichaam een goed sluitende afsluiter aanwezig zijn. Om opzuigen van de lucht te ontgaan moet bij groote zuigsnelheid de zuigbuis trompetvormig zijn.

Daar de pompen ook bij afgesloten persleiding kunnen loopen, zijn zij gemakkelijk voor automatische bediening in te richten en kunnen zij met voordeel aan electromotoren worden gekoppeld. Heete vloeistoffen kunnen door centrifugaalpompen niet zoo goed worden aangezogen en moeten de pomp toevloeien; water van 50° C. kan bij korte zuigleiding nog tot 2 Meter hoog worden aangezogen.

De diameters der riemschijven moeten in verhouding liefst niet kleiner zijn dan 1 : 5; grootere verschillen moeten tot bovenstaande verhouding worden teruggebracht door tusschendrijfwerk. Is dit door plaatselijke omstandigheden onmogelijk, dan moet men breedere riemen gebruiken.

De hartafstand tusschen de twee riemschijven moet bij riemen smaller dan 100 mM, liefst niet kleiner zijn dan 4 Meter; voor breedere riemen is deze afstand minstens 5 en hoogstens 10 Meter.

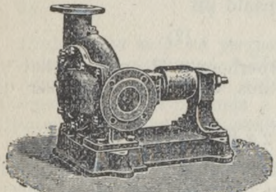


Fig. 5.

Het nuttig effect bedraagt naar gelang van de te verplaatsen waterhoeveelheid tot 80%. Het benoodigde machinevermogen N gemeten aan de pompas is te berekenen uit

$$N = \frac{Q\,H}{4500\,\eta}$$

waarin: Q = hoeveelheid water in Liters per min.
H = manometrische opvoerhoogte in M.
η = werkingsgraad van de pomp (50 tot 80%).

Opgave van het aantal omwentelingen per minuut en de benoodigde paardekrachten voor de gebruikelijke in den handel zijnde centrifugaalpompen, volgens fig. 5:

Opvoerhoogte	Buiswijdte in mM	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	400
3	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten	1 600 0,1	1 300 0,15	1 200 0,22	1 000 0,35	900 0,50	750 0,75	650 1,25	600 2	550 2,8	500 3,5	400 4,5	300 6,3	250 9	200 15
6	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten	2 000 0,18	1 700 0,3	1 550 0,45	1 300 0,7	1 100 1	950 1,5	850 2,5	800 3,75	700 5,6	600 7	500 9	400 12,6	350 18	300 30
9	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten	2 400 0,25	2 000 0,45	1 850 0,66	1 500 1,2	1 300 1,6	1 150 2,25	1 000 3,75	950 5,7	850 8,5	700 10,5	600 13,5	500 19	450 27	380 45
12	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten		2 200 0,6	2 050 0,9	1 650 1,4	1 500 2,25	1 350 3	1 200 5	1 100 7,5	1 000 11,5	800 1,35	700 28	600 25,2	550 36	450 60
15	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten		2 400 0,75	2 250 1,1	1 800 1,8	1 700 2,75	1 500 3,75	1 350 6,25	1 250 9,5	1 150 14	900 16,8	800 22,5	700 31,5	600 45	500 75
18	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten			2 400 1,4	1 950 2,2	1 850 3,4	1 700 4,5	1 500 7,5	1 400 11,5	1 300 17	1 000 20,5	900 27	750 37,8	650 54	550 90
21	Aantal omwentelingen p. min. Paardekrachten				2 100 2,5	2 000 4	1 850 5,5	1 650 8,75	1 500 13,5	1 400 20	1 100 24	1 000 31,5	800 44	700 63	600 104

	Buiswijdte in mM	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	400
24	Aantal omwentelingen p. min.				2 250	2 150	2 000	1 800	1 600	1 500	1 200	1 100	900	750	650
	Paardekrachten				2,9	4,5	6	10	15	23	27	36	50	72	119
27	Aantal omwentelingen p. min.				2 400	2 300	2 150	1 950	1 700	1 600	1 300	1 200	950	800	700
	Paardekrachten				3,3	5	6,75	11 25	17	26	30	40,5	56	81	134
30	Aantal omwentelingen p. min.						2 300	2 100	1 800	1 700	1 400	1 300	1 000	850	750
	Paardekrachten						7,5	12,5	19	28	33	45	62	90	148

Centrifugaalpompen met ringsmeerlagers voor riembedrijf en aannemerswerk (fig. 5).

Diameter der buisaansluitingen in mM	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	400
Vermogen in Liters p. min.	60	100	160	260	450	600	1 000	1 700	2 500	3 200	4 300	6 600	9 500	16 000
Diameter der riemschijven mM	50	80	80	90	103	125	140	175	225	275	325	400	500	700
Breedte der riemschijven mM	50	50	85	90	103	125	160	180	200	220	260	300	350	400
Prijs van de pomp met vaste riemschijf in gld * . .	55	60	64	74	93	118	147	182	268	384	455	576	768	1 088
idem m. losse riemschijf * .	50	63	69	79	99	126	,157	194	284	405	481	610	814	1 158
idem voetklep met flens * .	3,20	4,—	4,75	5,90	8,20	9.60	15,40	17,95	22,40	32	45	58	77	96

Centrifugaalpompen systeem Farcot, vertikale en horizontale:

Capaciteit L p. sec.	Capaciteit M³ p. uur	Benoodigde PK per M opvoerhoogte	Middellijn zuig- en drukpijpen in mM	Aantal omwentelingen voor opvoerhoogten in Meters gelijk aan 1	2	4	6	8	10	15	20	Prijzen gld*
1,4	5	0,17	20	1 360	1 780	2 220	2 500	2 870	3 210	3 950	—	55
2,8	10	0,12	30	,,	,,	,,	,,	,,	,,	,,	—	87
5	18	0,22	40	1 090	1 420	1 780	1 980	2 300	2 560	3 150	—	100
8,3	30	0,30	50	910	1 190	1 480	1 660	1 920	2 150	2 620	3 040	127
17	61	0,57	80	640	840	1 070	1 170	1 355	1 510	1 850	2 150	155
25	90	0,75	100	570	750	930	1 040	1 200	1 340	1 650	1 900	182
37	133	0,98	120	470	620	770	862	1 000	1 110	1 465	1 570	250
45	171	1,16	,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	234	1,57	160	414	540	675	752	870	972	1 190	1 375	332
115	414	2,44	200	365	480	597	670	772	865	1 055	1 220	380
160	575	3,31	220	325	428	532	596	690	770	945	1 085	407
205	736	4,15	250	292	382	475	532	615	690	843	972	607
255	918	5,—	300	251	330	412	461	533	595	730	840	725
370	1 330	7,18	350	210	275	345	386	445	500	610	703	987
580	2 080	11,2	450	165	216	269	300	348	389	475	556	1 550
880	3 168	17,—	600	128	168	209	235	272	304	370	426	2 260

* Vóór den oorlog.

Direct gekoppelde motor- centrifugaalpompen.

a. Koppeling met electro-motor.

Deze combinatie biedt groote voordeelen aan, wat eenvoud van opstelling, geruischloos bedrijf en de ruimte betreft. Zij is gewoonlijk wat duurder dan een koppeling met riem en motor.

Opvoerhoogte	Hoeveelheid water in L per minuut		50 à 75	125 à 175	225 à 175	300 à 350
5 Meter.	Prijs van het pompcomplex compleet met grondplaat en fundatiebouten. *	Gelijkstroom.	f 225	f 235	f 240	f 305
		Draaistroom.	- 175	- 210	- 250	- 260
7,5 Meter.		Gelijkstroom.	f 225	f 240	f 305	f 345
		Draaistroom.	- 225	- 260	- 270	- 310
10 Meter.		Gelijkstroom.	f 225	- 290	f 310	f 400
		Draaistroom.	- 275	- 280	- 310	- 330
12,5 Meter.		Gelijkstroom.	f 250	f 290	f 345	f 420
		Draaistroom.	- 290	- 315	- 325	- 400

b. Koppeling met verbrandingsmotor.

Centrifugaalpompen van geringe capaciteit kunnen ook voordeelig met een benzinemotor gekoppeld worden.

Prijs van een installatie met één-cylinder-benzinemotor, bestaande uit gegoten ijzeren voetplaat, pomp, motor met regulateur, verstuiver, benzinereservoir, ontsteking en knalpot, voor 5 M^3 water per uur bij 10 Meter opvoerhoogte (1 PK motor) en totaal ± 60 KG gewicht f 260,—. *

Extra voor accumulatorontsteking f 21,—. *

,, ,, magneet ,, - 65,—. *

Hoogdrukcentrifugaalpompen.

De hoogdrukcentrifugaalpompen kunnen bestaan uit een combinatie van enkele pomplichamen met afzonderlijke waaiers tot één geheel vereenigd of het water stroomt door middel van leidschoepen door meerdere achter elkaar liggende waaiers, waardoor het geregeld hoogeren druk verkrijgt (turbinepompen). Daar de weerstanden over grooter aantal waaiers worden verdeeld, is het nuttig effect grooter dan bij de pomp met enkelen waaier. De pompen worden gebezigd bij mijnwerken en waterleidingen en dan gekoppeld aan electromotoren en turbines. Hierbij worden opvoerhoogten tot 1000 Meter en meer bij een nuttig effect van 70—80 % bereikt.

De capaciteit der pompen moet in gunstige verhouding blijven met de opvoerhoogte, daar het nuttig effect daalt bij kleinere capaciteit en zelfde opvoerhoogte. Is de opvoerhoogte groot in vergelijking met de op te pompen hoeveelheid, dan geven de plungerpompen betere resultaten. Bij vuil water zal het aantal omwentelingen ook klein moeten gehouden worden om slijtage der lichamen tegen te gaan.

Zuiger- en plungerpompen.

Zij bezitten het voordeel, dat de pershoogte onafhankelijk is van de snelheid en dus bij wisselenden gang van het drijfwerktuig kunnen worden toegepast. De grootte van den wateropvoer is behalve van het aantal pompcilinders, de werkingswijze en de werkzame oppervlakte der plungers of zuigers, hoofdzakelijk afhankelijk van de zuiger- en plungersnelheid.

Bij goede uitvoering kan de zuighoogte bij plungerpompen 8,5 Meter bedragen. Zij worden gebouwd voor opvoerhoogten tot 500 Meter en meer. Het nuttig effect is in de meeste gevallen hooger dan dat eener centrifugaalpomp, vooral boven de 15 M opvoerhoogte. De traagheid van het water en de kleppenconstructie vorderen geringe snelheid der plungerbeweging, welke niet beneden de 10 Meter per minuut mag bedragen en veelal niet hooger is dan 100 Meter per minuut, behalve bij de Express-pomp, systeem Riedler-Stumpf, welke grootere snelheid gedoogt. De voordeeligste snelheid is 25—30 Meter per minuut. Deze geringe snelheid is een bezwaar

* Vóór den oorlog,

voor drijving met moderne machines. Bij korte zuigleidingen is liefst geen grooter snelheid dan 1 M/sec. te nemen, bij dikke vloeistoffen nog kleiner, terwijl bij lange zuigleidingen de snelheid hoogstens ongeveer 0,75 M moet bedragen om het afbreken van den vloeistofstraal en het stooten van de pomp te voorkomen. Is de zuighoogte hooger dan 4—5 Meter en de lengte der zuigleiding langer dan 10 Meter, dan moet een windketel zoo dicht mogelijk bij het zuigventiel worden ingelascht om een regelmatige waterbeweging te verkrijgen. Evenzoo is een windketel in de persleiding dicht bij het drukventiel gewenscht, wanneer deze leiding lang is.

Naar gelang de pompen één, twee of drie cilinders hebben, noemt men ze Simplex, Duplex- of Triplex-pompen. De verschillende pompcilinders zijn in den regel op één en dezelfde zuig- resp. persleiding aangesloten. De stroom is bij de triplex-pompen het gelijkmatigst. Wordt bij een dubbelen slag van de pomp slechts één zuig- en perswerking verricht, zoo heet zij enkelwerkend; bij twee zuig- en perswerkingen. per dubbelen slag, bij aan weerszijden van den zuiger één, is de pomp dubbelwerkend.

Is het werkzaam zuigeroppervlak F cM^2, de slag l cM en de opbrengst-coëfficiënt c, dan is bij n dubbele slagen per minuut de opbrengst van een enkelwerkende pomp met m cilinders:

$$Q = c \frac{m \times n \times l \times F}{1\,000\,000} \text{ M}^3/\text{min.}$$

en bij dubbelwerkende 2 maal zooveel.

Het rendement van goede pompen bedraagt tot 0,93; voor minder goede 0,80 à 0,85.

Enkelwerkende plungerpompen

vindt men het meest voor ketelvoeding toegepast. In dit geval moeten zij minstens de dubbele hoeveelheid van het stoomverbruik aan voedingswater kunnen leveren.

Een regelmatige waterlevering kan men verkrijgen met in drieling (triplex) enkelwerkende plungerpompen, waarvan de krukken onder 120° staan. Is F de zuigeroppervlakte van een enkelwerkende pomp en V de krukpensnelheid, dan is de zuigersnelheid V sin θ als θ den omwentelingshoek voorstelt en bereikt deze zijn maximum voor $\theta = \frac{\pi}{2}$. De gemiddelde waterlevering is

$$\frac{2\,V\,F}{\pi} = 0{,}636\ V\ F$$

Men heeft de pompen voor hand- en riembedrijf en ook als tweelingpompen uitgevoerd. Om de pompen beter aan voorhanden transmissies aan te passen, worden zij ook van tandradoverbrenging voorzien.

Middellijn van den plungerzuiger mM	55	65	80	100	120	130	150
Hefhoogte	80	100	130	180	180	220	220
Omwentelingen per minuut	200	150	130	90	75	70	60
Vermogen per minuut met een plunger L	35	50	80	120	140	—	—
Wijdte van de zuigbuis	40	50	65	80	80	90	100
,, ,, ,, persbuis	33	40	50	65	65	80	90
Gewicht fig. 6 in KG	160	240	350	580	650	—	—
,, ,, 7 ,, ,, ...	240	350	550	700	800	1 000	1 100
,, ,, 8 ,, ,, ...	—	—	—	920	1 100	1 250	1 380
Prijs fig. 6 in gld. vóór den oorlog .	155	204	270	369	423	—	—
,, ,, 7 ,, ,, ...	246	285	370	525	564	648	690
,, ,, 8 ,, ,, ...	—	—	—	651	490	843	1 026



Fig. 6.

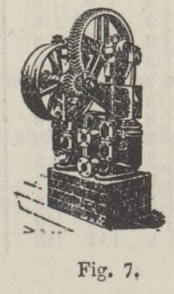


Fig. 7.

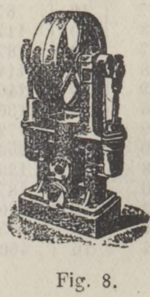


Fig. 8.

Dubbelwerkende plungerpompen.

De pompen geven tot tweemaal zoo groote hoeveelheden vloeistof als de enkelwerkende en persen deze volgens een meer regelmatigen onafgebroken straal. Men heeft de pompen ingericht voor riemkracht of direct aan den stoomcilinder verbonden, de z.g. *stoompompen* w.o. de Worthington, Duplex- en Cameronpompen. De stoompompen verbruiken evenwel veel stoom, doordat tengevolge van de constructie geen noemenswaardige expansie kan worden toegepast. Men neemt aan, dat zij ± 40 KG stoom per PK-uur behoeven.

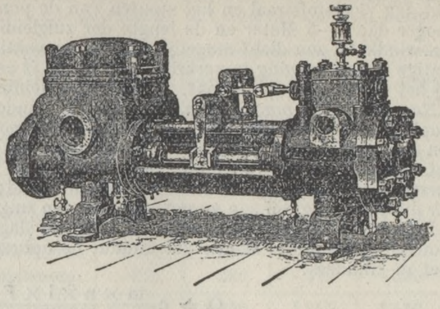


Fig. 9.

De eenvoudige in den handel zijnde pompen kunnen het water ongeveer 60 Meter opvoeren of tegen een druk van 6 à 7 atmosferen wegpersen, elk oogenblik in werking gesteld worden, hoe ook de onderlinge stand der zuigers is en eenmaal in gang zijnde, zonder toezicht loopen.

Afmetingen en prijzen van Duplexpompen:

Diameter stoomcylinder	Diameter watercylinder	Slaglengte	Maximum opbrengst per uur	Versche-stoompijp	Afgew. stoompijp	Zuigpijp	Perspijp	Prijzen vóór den oorlog: Uitvoering in ijzer doch met koperen voering	Prijzen vóór den oorlog: Uitvoering geheel in koper
ENG. DUIM			LITER	ENG. DUIM				Gld.	Gld.
2¼	1¼	2	1 260	3/8	½	¾	½	75	82
3	2	3	4 200	½	¾	1¼	1	100	110
3½	2¼	4	5 800	½	¾	1½	1¼	132	145
4½	2¾	4	8 400	¾	1	2	1½	164	179
4½	3	4	10 500	¾	1	2	1½	170	186
5¼	3½	6	20 000	¾	1¼	2½	2	205	228
6	4	6	21 000	1	1¼	3	2½	255	284
6	4½	6	26 000	1	1¼	3	2½	290	326
7	4	7	24 100	1¼	1½	3	2½	360	399
7	4½	7	30 500	1¼	1½	4	3	370	416
7½	4½	10	35 600	1½	2	4	3	470	519
7½	5	10	44 600	1½	2	4	3	485	540
8	5	10	45 000	1½	2	4	3	600	680
10	5	10	45 400	2	2½	4	3	680	760
10	6	10	64 000	2	2½	5	4	690	790
10	7	10	85 000	2	2½	6	5	880	992
12	7	10	87 000	2½	3	6	5	1 080	1 192
12	8	10	114 000	2½	3	7	6	1 100	1 270
14	7	10	87 000	2½	3	6	5	1 230	1 410
14	8	10	114 000	2½	3	7	6	1 290	1 460
14	9	10	140 000	2½	3	7	6	1 370	1 550
16	8	12	136 000	2½	3	6	5	1 425	1 585
16	9	12	172 500	2½	3	7	6	1 580	1 775
16	10	12	240 000	2½	3	8	7	1 625	1 835
18	8	12	120 000	3	3½	6	5	1 920	2 145
18	10	12	187 000	3	3½	18	7	2 050	2 290
18	12	16	270 000	3	3½	10	8	2 250	2 410
20	12	16	315 000	4	5	2	10	2 750	3 025
20	14	16	460 000	4	5	12	10	3 100	3 390

Het aantal slagen per minuut is zoo klein te maken als men wil, waardoor de pomp zeer geschikt is voor ketelvoeding. Ook voor waterwerken, zooals voor het inspuiten van palen zijn deze pompen zeer geschikt.
Een gelijksoortige pomp is de Duplexpomp (fig. 9).
De constructie varieert eenigszins naar gelang van de omstandigheden, waaronder zij moeten werken; voor geringe opvoerhoogte zijn zij namelijk voorzien van kleine stoom- en groote watercilinders, terwijl bij hoogedrukperspompen en voedingspompen de verhouding tusschen de diameters omgekeerd is.
Voor *dikke vloeistoffen* bezigt men veel de Cameronpomp, een stoompomp gelijk de Duplexpomp.
Men heeft ook Duplex-compound en triple-expansie pompen; bij de eerste heeft men 2 groote en 2 kleine stoomcilinders. Gedurende den heengaanden slag vult de stoom den kleinen cilinder, terwijl gedurende den teruggaanden slag deze stoom in den grooten cilinder expandeert. Zij gebruiken bij dezelfde waterhoeveelheid slechts $^2/_3$ van de hoeveelheid brandstof bij gewone duplex-pompen.

Pulsometers.

De zuighoogte is hierbij hoogstens 6 Meter, de opvoerhoogte hoogstens 50 M.
Het stoomverbruik is ook wegens warmteverliezen hoog en bedraagt als minimum 40 KG per PK/uur pompvermogen, dikwijls ± 100 KG per E.P.K. uur. Zij zijn eenvoudig in de behandeling en opstelling en aan geringe slijtage onderhevig, terwijl zij geschikt zijn voor allerlei vloeistoften. De temperatuursverhooging van de vloeistof, welke in het pomplichaam plaats vindt, kan in enkele gevallen voordeelig zijn (b.v. suikerfabricage). De stoomspanning moet ongeveer 1½ atmosfeer grooter zijn dan de persdruk. Bij groote opvoerhoogten moet een terugslagklep in de leiding aanwezig zijn. Het nuttig effect is wegens het hooge stoomverbruik laag; neemt men nl. aan, dat 1 KG stoom in het gunstigste geval 5000 KG/M kan verrichten, dan zal daar bij condensatie van 1 KG stoom 550 calorieën vrij komen, bij een mechanisch equivalent van 425, het nuttig effect zijn:

$$\frac{5000}{550 \times 425} = 0{,}022 \text{ of even } 2\,\%$$

maar het is practisch veel minder.

Vermogen in Liters per minuut bij een opvoerhoogte in Meter van				Inwendige middellijn		Prijs met inbegrip van afsluiter in Gld. *
5	10	20	30	Zuig- en persbuis mM	Stoomleiding mM	
65	60	45	40	25	20	70
130	110	80	50	40	20	100
250	220	150	130	50	25	160
400	300	200	180	70	25	190
600	550	500	400	90	30	260
750	700	550	475	100	30	330
1 200	1 000	800	600	125	40	390
1 800	1 600	1 450	1 000	155	50	600
2 400	2 300	1 800	1 600	180	60	800
3 500	3 000	2 400	1 800	225	65	1 200
6 000	5 300	4 500	—	300	80	1 650

Het benoodigde V. O. van den ketel bedraagt ongeveer 1 M^2 per 60 à 70 L wateropvoer per minuut.

Pompen, werkende met samengeperste lucht. Mammuthpompen.

Zij maken het mogelijk het water vanaf groote diepte onder den grond op te voeren, in welke omstandigheden de opstelling, het aandrijven, nazien en verbeteren van gewone pompen dikwijls zeer bezwaarlijk is.

* Vóór den oorlog.

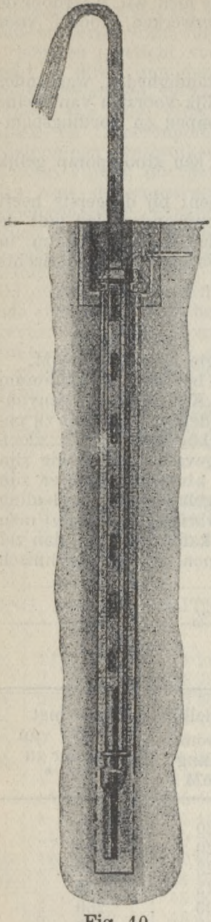


Fig. 10.

De pomp bestaat uit een wijde opvoer- of stijgbuis en een nauwere drukluchtbuis, welke beide van onderen door een voetstuk verbonden zijn (fig. 10). Dit dicht bij elkaar liggende buizenstelsel moet bij gemiddelde opvoerhoogte voor de helft tot 2/3 van zijn lengte loodrecht in het water staan. De in het voetstuk gevoerde perslucht vormt in de opvoerbuis een mengsel van water en lucht met kleiner soortelijk gewicht dan dat van water, waardoor het water hierin stijgt. Men moet dus voor voldoenden toevoer van lucht zorgen. Doordat afsluitinrichtingen vervallen, is de pomp geschikt voor onzuivere, verontreinigde of slibachtige vloeistoffen en de bediening eenvoudig. In boorgaten of bronnen zal het zand of slib steeds worden meegevoerd en deze zullen dus schoon blijven. Om de perslucht van medegesleurde oliedeeltjes te zuiveren, gaat zij, vóórdat zij in het water komt, langs een als luchtkoeler en luchtfilter geconstrueerden windketel. Deze pompen zijn geschikt voor groote diepten; ook voor vrij sterk verontreinigd water heeft men weinig bedrijfsstoornis.

De installatieprijs is niet hoog, maar het rendement klein en niet grooter dan 30% bij de groote installaties en 10% bij de kleine of gemiddeld 20%. Voor de emulsie, van het water met de lucht is een groote waterdiepte in den put noodig, terwijl de buis minstens 60% van zijn totale hoogte in het water moet hangen.

Pompen en opvoerwerktuigen voor drinkwaterleidingen.

De oudste pompmachines zijn de balansmachines, die, waar zij in gebruik zijn, nog steeds goed voldoen. Zij hebben een hoog nuttig effect, zijn bijna onverslijtbaar, maar duur in aanleg en hebben hoog kolenverbruik bij hoog stoomverbruik. In het algemeen worden bij stoomkracht horizontale machines met aan de zuigerstangen gekoppelde dubbelwerkende plungerpompen, systeem Girard, gebezigd en wel volgens het compound of triple-expansiestelsel. De Utrechtsche waterleiding heeft compoundmachines van niet meer dan 7,7 KG stoom per Waterpaardekracht per uur; de Rotterdamsche, horizontale triple-expansiemachines, terwijl de laatste machines der Amsterdamsche waterleiding verticale triple-expansiemachines zijn, welke beide soorten slechts 6,6 tot 7 KG stoom per WPK p. uur verbruiken.



Fig. 11.

Volgens *F. Leitner* (Journ. f. Gasb. u. Wasserv. 1920 nr. 1) komen voor middelmatige en grootere vermogens thans slechts de staande stoomplunger-machines in aanmerking. Turbinepompen moeten het volgens hem afleggen tegen plungerpompen.

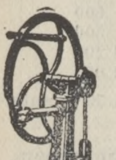


Fig. 12.

Worthingtonpompen worden in ons land bij waterleidingen niet veel gebruikt wegens het hooge stoomverbruik. Bij gebruik van gasmotoren, stoomturbines en electromotoren kunnen met voordeel Riedler-Stumpf expresspompen of hoogdrukcentrifugaalpompen worden gebezigd.

Riedler-expresspomp voor de waterdrukleiding bij de haveninrichting te Amsterdam (1905):

150 omwentelingen per minuut en 900 L water bij druk van 52 KG/cM² gekoppeld met 10-poligen

shuntmotor bij gemidd. spanning van 550 Volt. Continu vermogen 125 EPK. Nuttig effect der pompen bij 110 toeren 78%, bij 150 toeren 80%; dat van den motor 93%.

Handpompen voor bronnen of putten.

Pompen voor bronnen of putten volgens nevenstaande figuren 11 en 12 worden gebezigd tot diepten met totale opvoerhoogte van 27 Meter. De aan te wenden kracht neemt met de brondiepte toe, waarbij de verplaatste waterhoeveelheid afneemt.

Pompinrichting volgens figuur 11;

Hefhoogte van den arbeidscilinder; mM .	280	280	270	260	250
Binnenwerksche middellijn ,, .	64	64	76	89	102
Middellijn zuigbuis . . . . ,, .	32	32	32	51	51
,, stijgbuis . . . . ,, .	32	32	38	51	51
Geschikt voor een opvoerhoogte in M tot .	27	18	13,5	10,5	9
Vermogen in Liter per min. bij 45 heffingen	25	25	37	50	65
Prijs compleet met verzinkte pijpen en stangen in gulden vóór den oorlog	170	130	125	140	135

Hydraulische machines of waterrammen.

De hydraulische ram kan worden gebezigd, waar van de beschikbare waterhoeveelheid slechts een klein gedeelte behoeft te worden opgevoerd en de opvoerhoogte hoogstens 700 Meter kan bedragen en practisch niet meer dan 8 maal de voor den opvoer benoodigde drijfhoogte moet zijn. Zij vindt veel toepassing bij kleine watervoorzieningen in geaccidenteerd terrein uit bronnen, welke meer water leveren dan noodig is.

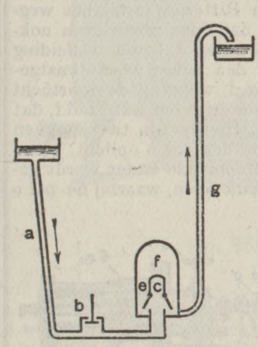


Fig. 13.

De werking berust op het arbeidsvermogen van beweging, dat het water in de aanvoerleiding bezit. In deze leiding zit (fig. 13) beneden een stootventiel b, hetwelk door zijn eigen gewicht naar beneden hangt en waar doorheen in open stand het water wegvloeit. De buisleiding a mondt uit in een ruimte c, welke met lucht gevuld is en waarin zich één of meer kleppen e bevinden, welke gemeenschap geven met een windketel f, waaraan de stijgbuis g verbonden is.

Het door de buisleiding a bij b uitstroomende water oefent bij meerdere snelheid een druk op het ventiel b uit, welke in staat is dit op te lichten en plotseling af te sluiten. De aanwezige watersnelheid wordt niet onmiddellijk uitgeput, maar is oorzaak, dat het water zich nu in c opdringt en door de kleppen e ontwijkt in den windketel, waar de lucht wordt samengedrukt tot een spanning, welke in staat is het water tot een grootere hoogte door g op te voeren. Het water, dat daarna in de leiding a tot rust komt, wordt evenwel door het luchtkussen in de ruimte c teruggedrongen, totdat het na eenige schommelingen weder tot rust komt en het ventiel b zich weder opent, waarna de uitstrooming bij b weder plaats heeft, de snelheid aldaar weder vermeerdert en de beschreven werking zich herhaalt.

Het vermogen van den hydraulischen ram kan benaderd worden berekend uit de formule $\eta \cdot Q \cdot h = q \cdot H$

waarin Q het beschikbare drukwater in Liters per minuut.
- h het beschikbare verval van dit water.
- q de op te voeren hoeveelheid water in L per minuut.
- H de opvoerhoogte van dit water.
- η het nuttig effect.

Volgens *Eytelwein* bedraagt dit laatste

voor $\frac{H}{h}$ =	1	2	4	6	8	10	12	16	20
	0,92	0,84	0,72		0,56		0,43	0,32	0,23
q =		40 %	18 %	11 %	7 %	4 %			

terwijl volgens ervaring q = ... van de beschikbare hoeveelheid bedraagt.

De aanvoerbuis a mag in verhouding tot het verval niet te lang zijn, daar anders de stootende werking van het water meer in een veerende overgaat; een verhang van 1 op 3 tot 4 is het gunstigst. Verder moet de beschikbare

druk minstens 1,00 M en hoogstens 25 Meter zijn, terwijl de verhouding tusschen het beschikbaar verval en den benoodigden opvoer liefst 1 op 4 en hoogstens 1 op 8 moet bedragen. De grootste op te voeren hoeveelheid bedraagt voor de in den handel zijnde werktuigen 200 liter per minuut; voor meerdere hoeveelheden kunnen 2, 3 tot hoogstens 4 rammen naast elkaar worden opgesteld. Het opstellen van twee rammen maar dan van verschillende grootte is ook voordeelig, wanneer de wateraanvoer niet constant is. Bij geringe schommelingen in de waterhoeveelheid kan met een enkelen ram met 2 ventielen en uitvloeiopeningen van verschillende grootte worden volstaan. Door verandering van de hefhoogte of het gewicht van het ventiel kan de hoeveelheid ook binnen zekere grenzen worden geregeld.

In de aansluitingsleidingen mogen geen luchtzakken voorkomen; de aanvoerleiding a moet onmiddellijk na het bronreservoir en vóór den ram over een kleinen afstand horizontaal liggen, opdat wanneer het bronreservoir leegloopt, het stootventiel b boven blijft en de aanvoerleiding gevuld blijft. Het stootventiel b is het best vóór den windketel aan te brengen, waardoor het bij onderbreking van den toevoer de aanvoerleiding blijft afsluiten en deze dus niet leegloopt.

Het water, dat in het bronreservoir weder oploopt, kan dan door een overlooppijp door een afzonderlijke buisleiding naar den ram worden gevoerd, waar het een aan de machine verbonden waterrad in gang brengt, dat een hamer in beweging brengt, welke het stootventiel neerdrukt en de werking in gang brengt (systeem Löh).

Een andere wijze van ventielbeweging heeft het systeem Ritter, waarbij het wegloopend valwater een klein waterrad in beweging brengt, dat door middel van nokoverbrenging op het stootventiel werkt (fig. 14a en b). Het water, dat in de valleiding a binnenkomt, doorstroomt het stootventiel b, dat door den pal o wordt vastgehouden. Het treedt bij geopend ventiel uit door de opening d, waarvan de doortocht kan worden geregeld met de spil c. Het uittredende water drijft het waterrad f, dat met behulp van tandoverbrenging bij g en h de as i drijft. Hierop zijn twee nokken l en m aangebracht, waarvan de laatste bij elke omwenteling den pal o oplicht, waardoor het ventiel b vrijkomt en door de veer en het doorstroomende water wordt gesloten. De nok l duwt bij elke omwenteling het ventiel opnieuw open, waarbij de pal o

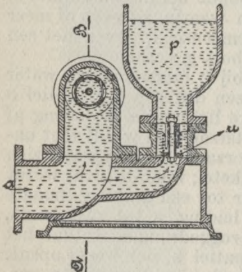


Fig. 14a.

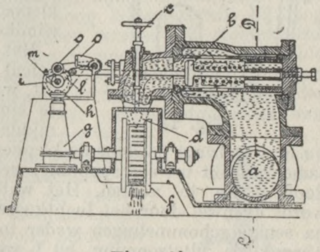


Fig. 14b.

weer neervalt en het ventiel vasthoudt. Door de traagheid van het stroomende water, wanneer dit door het sluiten van het ventiel b tot stilstand wordt gebracht, ontstaat een aanzienlijke drukverhooging, waardoor de persklep u wordt geopend en een deel van het water in den windketel p en vandaar in de opvoerleiding komt. Het waterrad loopt door zijn traagheid tijdens afsluiting van het ramventiel als een vliegwiel door.

Afmetingen volgens catalogus Linde-Teves-Stokvis:

Nr.	Valwater p. min. L.	Diameter valwaterleiding mM	Diameter persleiding mM	Lengte mM	Breedte mM	Hoogte mM	Gewicht onverpakt KG
2	40—80	50	30	950	650	1500	700
4	80—150	70	50	1050	750	1600	800
6	150—300	100	60	1050	750	1750	950
8	300—500	150	70	1250	880	1850	1150
10	500—900	200	80	1250	880	2000	1300
12	900—1500	250	100	1500	1050	2000	1700

Hydraulische machine van „Rife” (fig. 15a en b) volgens catalogus Linde-Teves-Stokvis.

Nummer	10	16	20	26	30	4	80	120	
Afmeting aanvoerbuis	1¼	1½	2	2½	3	4	8	12	Eng. dm.
id. persbuis . .	¾	¾	1	1	1¼	2	4	5	
Aantal L water per min. noodig om de machine te drijven	1—19	19—45	27—61	24—91	57—135	116—285	570—1 330	1 425—2 650	,,
Valhoogte van het aanvoerwater minstens .	3	3	2	2	2	2	2	2	Eng. voet
Prijs enkelwerkend voor den oorlog	150	165	18	190	220	430	1 600	—	
Prijs dubbelwerkend, id.	195	210	226	235	260	500	1 950		gld.

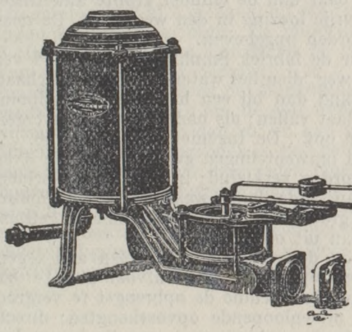


Fig. 15a.

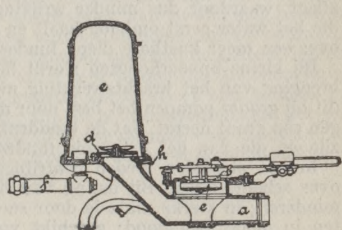


Fig. 15b.

Het Peltonrad.

Met deze machine, welke eigenlijk bestaat uit een kleine turbine met twee enkel werkende plungerpompen gekoppeld, kan men het water in verhouding tot het aanwezig verval tot tamelijk groote hoogte opvoeren bij de kleinste beschikbare waterhoeveelheden. Zij is reeds bij een verval van 10 Meter te bezigen en bij een vermogen van af $^1/_{20}$ PK. De snelheid van het turbinerad wordt door een naald in de aanvoeropening geregeld. De groote snelheid van het rad wordt door tandraderen omgezet in 50—60 omwentelingen in de minuut. De turbine heeft ongeveer een nuttig effect van 75—80% en de pompen van 70%, alzoo totaal ± 56%. In het algemeen wordt het nuttig effect bij toenemend verval grooter; bij 40 Meter verval is 60% te bereiken.

Men kan voor de toepassing twee gevallen hebben:

1) dat het te leveren water door de pompen uit het bronreservoir wordt aangezogen en opgevoerd,

2) dat het te leveren water aan het bedrijfswater wordt ontnomen, hetgeen het gunstigst is, daar dan de pompen met een geringeren waterdruk dan de vervaldruk te werken hebben.

Is Q de beschikbare waterhoeveelheid, H het verval en q de te leveren hoeveelheid bij een opvoerhoogte h en η het gezamenlijk nuttig effect, dan is in het eerste geval

$$q = \eta \frac{Q\,H}{h}$$

en in het tweede geval:

$$q = \eta\, Q \frac{H}{h - (1 - \eta)\, H}$$

Bemalingswerktuigen.

Centrifugaalpompen.

Centrifugaalpompen (zie ook bldz. 833) zijn voor polderbemaling voordeelig bij

groote opvoerhoogten of bij lage opvoerhoogten met kleine bedrijfstijden, waar dus het kolenverbruik op den achtergrond treedt en de aanlegkosten en het onderhoud meer den doorslag geven.

Waar bij tijden de buitenwaterstand lager is dan het binnenwater kunnen de toe- en afvoerkanalen tevens voor vrije loozing dienst doen, terwijl door middel van een hevelleiding tevens de waterkeering kan worden gespaard en het dijkslichaam niet wordt aangetast. Bij lage opvoerhoogten plaatst men de pomp voordeelig beneden het binnenwater, zoodat het lichaam steeds met water gevuld blijft. Bij groote waterhoeveelheden is een verticale opstelling met verticale as te verkiezen, waarbij de vrije loozing van het water kan worden bevorderd door het ophalen van de waaiers met as en al.

De volgens *Ing. F, Neukrich* geconstrueerde verticale pomp bezit een grooten cilindrischen drijver, welke met den waaier draait en door zijn waterverplaatsing den neerwaartschen druk, dien de waaier uitoefent, in evenwicht houdt. Voor groote pompen is deze constructie niet aan te bevelen, daar dan de cilinder groote afmetingen krijgt en het ophijschen van den waaier bij vrije loozing in den weg staat. De neerwaartsche druk kan ook op andere wijze worden opgeheven.

Pompen met verticale as worden ook door de fabriek Smulders in ons land vervaardigd. Als voordeel hebben zij den korten weg, dien het water in het pomplichaam aflegt, waardoor dus minder wrijvingsweerstand dan bij een hevelcentrifugaalpomp die het water eerst omhoog haalt en daarna laat vallen; als nadeel staat daar tegenover een meer kostbare diepe fundeering. Zie ook „De Ingenieur" 1907 no. 20.

Bij kleine opvoerhoogten wordt het aantal omwentelingen gering en zal de overbrenging van het krachtswerktuig moeten worden verkleind; in den regel geschiedt dit bij groote pompen het best door middel van tandraderen, waarbij men de afmetingen zoo groot neemt, dat de tanddruk niet te groot wordt. De tanden moeten gefraisd zijn en die van het drijvende tandrad bestaan uit ongelooid leder.

In het algemeen bieden centrifugaalpompen de volgende voordeelen aan tegenover schepraderen: Bij daling van het binnenwater behoeft de afvoer niet te verminderen; in sterke mate is door sneller loopende machine de opbrengst te vergrooten in geval van nood; geschikt voor zeer uiteenloopende opvoerhoogten; directe koppeling aan de machine mogelijk; geen stootende werking; geen over den kop malen; geen geruisch; minder smeermiddelen en slijtage; onder te brengen in kleine ruimte.

Wisselende waterstanden kunnen alleen bezwaren geven, wanneer, zoals bij electrische draaistroommotoren de snelheden niet kunnen worden geregeld.

Bij groote opvoerhoogten kan dan de motor worden overbelast. Men kieze dus den motor voor de grootste opvoerhoogte. Ook zuiggasinstallaties leenen zich niet voor veranderlijke opvoerhoogte.

Schepraderen.

Schepraderen dienen hoofdzakelijk voor het opmalen van water over kleine hoogte tot 1,80 Meter (soms 2 M), zooals voor bemaling van landen, polders, enz. De middellijn van het scheprad (maximum 12 Meter) hangt van deze opvoerhoogte af en van de diepte, waarop de schoepen in het water tasten, welke gewoonlijk 0,60 à 0,90 M wordt genomen. (voor groote raderen tot 1,00 à 1,50 M). De hoogteligging van de as bedraagt 1/5 à 1/7 van den straal van het rad boven het buitenwater. Het aantal schoepen moet niet te klein worden genomen; de afstand aan den buitenomtrek bedraagt gemiddeld 0,70 à 1,00 Meter. De richting der schoepen wordt bepaald door den afschotcirkel, welke veelal een straal krijgt gelijk aan 1/7 à 1/9 van den straal van het rad en wordt bepaald naar de hoeken, waaronder de schoepen in en uit het water treden. De snelheid wordt veelal niet grooter genomen dan 100 à 150 Meter per minuut aan den omtrek van het rad gemeten, daar anders te veel arbeidsverlies plaats heeft en de ruimte tusschen de schoepen niet geheel gevuld wordt. Bij te kleine snelheid loopt het water door de speelruimten terug.

De breedte van het rad berekent men uit de opbrengst. Deze opbrengst bedraagt na één omwenteling theoretisch

$$O = 2\pi\left(r - \frac{d}{2}\right) b \cdot d - b \cdot d \cdot s \cdot n$$

waarvan voor de practijk nog een gedeelte wegens lekken moet worden afgetrokken namelijk $0{,}62\ u\ (2\ d + b)\ \sqrt{2gh}$ per sec.

In deze formules is r de straal van het rad.

b de breedte van het rad.
d de dieptasting.
s de dikte van de schoep.
n het aantal schoepen.
u de spelling tusschen rad en muurwerk.
h de opvoerhoogte.

Groote verandering van den binnenwaterstand is bij een scheprad niet wenschelijk, daar dan de zg. *tasting*, dus de opbrengst verandert.

Door de geringe omwentelingssnelheid is aandrijving door een stoommachine aangewezen. De overbrenging met snelloopende motoren kan bij groote raderen het best door riemen geschieden, daar tandraderen algemeen te zwak zijn. Bij kleine opvoerhoogte heeft het scheprad vrij gunstig nuttig effect.

Vijzels.

De vijzels voeren het water op door middel van draaiende schroefvlakken, welke ten getale van 2 of 3 (gangen) op een spil zijn bevestigd. De opvoerhoogte van 4 Meter is een practisch maximum. De middellijn is aan de zwaarte gebonden en hoogstens 2 Meter, veelal 1,50 à 1,60 Meter bij bemaling van polders, enz. De spoed of hoogte van den schroefgang bedraagt 1,50 à 1,90 Meter en wordt bepaald naar den hoek tusschen de vijzelspil en het horizontale vlak, welke kleiner moet zijn dan die, waarmede het schroefvlak om de spil wentelt. De hellingshoek van de spil mag bij open vijzels niet meer zijn dan 30° en kan bij gesloten vijzels (tonmolen) tot 45° bedragen. Hoe flauwer de hellingshoek is, hoe beter, daar de ruimten tusschen de schroefvlakken zich beter vullen. Om deze reden moet ook de vijzel niet te diep in het onderwater liggen. De omwentelingssnelheid mag voor een gunstig nuttig effect niet te klein en niet te groot zijn; bij vijzels van 1,50 M diameter zijn 40 à 50 omwentelingen per minuut gewenscht. Een snelheid van het water van 1,50 M per secunde volgens de as van den vijzel gemeten is normaal. Volgens *Ir. J. C. Horch* is de meest economische snelheid bij een aantal omwentelingen per minuut van

$$n = \frac{50}{\sqrt[3]{D}}$$

De opbrengst van een vijzel van ongeveer 1,80 M middellijn, 1,75 M spoed en onder 30° helling, bedraagt bij 30 omwentelingen per minuut en 2 Meter opvoerhoogte ongeveer 35 M^3 per minuut.

Het nuttig effect van een vijzel is dikwijls niet meer dan 60%, maar kan bij goede opstelling tot 80% bedragen.

Bij kleinere snelheid worden de lekverliezen grooter.

Gesloten vijzels, welke een mededraaienden mantel hebben, geven veel grooteren druk op de tappen van de spil en vereischen daardoor meer arbeid. De gesloten vijzels voeren tevens het water steeds tot dezelfde hoogte op en werken onregelmatiger, wanneer de benedenopening geheel door het water wordt afgesloten, doordat de lucht hierbij de beweging van het water hindert.

Bij vijzels met ijzeren schoepenwand is de wrijving minder dan bij houten en de opbrengst op den langen duur iets meer dan met de houten.

Vijzels worden niet toegepast bij sterk afwisselende buitenwaterstanden, daar zij het water steeds tot de grootste hoogte moeten opvoeren en dus bij lageren buitenstand oneconomisch werken, terwijl bij een waterstand hooger dan het midden van de spil in een vlak loodrecht op de spil bij den bovenkant van den opleider het water door den vijzel terugloopt.

Een verlaging van het polderpeil, dikwijls noodzakelijk tengevolge van inklinking van den grond (soms tot 75 cM) is bij een scheprad en een vijzel niet mogelijk, zonder de opbrengst aanzienlijk te verminderen en soms tot nul te reduceeren.

Ook bij den vijzel is het gebruik van een stoommachine aangewezen.

Brandspuiten.

Handbrandspuiten.

Groote vierwielige stadsbrandspuiten door één of twee paarden getrokken:

Hoeveelheid opgepompt water per minuut.	Maximum hoogte v. d. waterstraal	Aantal man voor pompen benoodigd	Prijs compleet zonder slangen ongeveer *)
350 Liter	30 Meter	14—16	f 1 000
450 ,,	36 ,,	20—22	- 1 100
600 ,,	39 ,,	26—28	- 1 250
750 ,,	42 ,,	32—34	- 1 400
900 ,,	45 ,,	38—40	- 1 600

De pompen boven de 30 man bediening kunnen spuiten door slanglengten van maximum 300 Meter, die voor 22—26 man tot 280 M lengte en de kleinere pompen van 90 tot 180 Meter.

Tweewielige brandspuiten met afneembaar reservoir, door menschen getrokken:

Hoeveelheid opgepompt water per minuut	Maximum hoogte v. d. waterstraal	Aantal man voor het pompen	Prijs compleet zonder slangen ongeveer *)
300 Liter	30 Meter	12	f 600
250 ,,	27 ,,	8	- 530
200 ,,	24 ,,	6	- 460
150 ,,	22 ,,	4	- 430

Idem, alleen met pomp, zonder reservoir f 50 minder.

Kleine vierwielige ijzeren spuiten met reservoir door menschen getrokken met een capaciteit van 150 tot 250 L per minuut 22 tot 27 M hoog f 250 tot f 350. *)
Idem zonder reservoir f 50 à f 100 minder.

Emmerbrandspuiten op vervoerbaar onderstel met een inhoud van 50 Liter, welke dezen inhoud per minuut geven met een straal van 10 M hoog of 15 M ver, prijs *) compleet met 1 Meter slang f 120,—.
Zonder onderstel f 80 à f 100.

Stoombrandspuiten.

Stoombrandspuiten met eigen beweegkracht (van Merryweather & Son te Londen): en stoking met vloeibare brandstof (ruwe petroleum, enz.).

Watergevend vermogen per minuut in Liter	Hoogte van den waterstraal in Meter	Gewicht van de machine ongeveer in KG	Prijs van de machine compleet zonder slang *)	Prijs van de slang per Meter ongeveer *)
1 363	45,71	2 794	f 10 000	f 29.—
1 817	50,28	3 048	- 11 000	- 31,—
2 271	51,80	3 758	- 12 000	- 35,—
2 726	57.91	4 318	- 13 000	- 37,—
3 630	59.43	4 572	- 18 500	- 40,—
4 543	62,48	4 977	- 22 500	- 52,—

*) Vóór den oorlog.

Stoombrandspuiten door paarden getrokken (van Merryweather & Son te Londen) en stoking met kolen:

Watergevend vermogen per minuut in Liter	Hoogte van den waterstraal in Meter	Gewicht van de machine in KG	Prijs compleet zonder slang *)
1 817	50,28	1 955	f 5 000
2 271	51,80	2 032	- 6 000
2 953	57,91	2 082	- 7 000

Motorbrandspuiten, snelheid tot 50 KM per uur, voorzien van petroleummotoren:

Watergevend vermogen per minuut in Liter	Hoogte van den waterstraal in Meter	Prijs compleet zonder slang *)
900—1 000	36,57	f 1 200
1 135—1 590	42,67	- 1 350
1 817—2 271	45,71	- 1 550

Brand- en waterleidingslangen.

Inwendige wijdte . .	1½	2	2½	3	3½	4	5	6 Eng. dm.
Prijs per Meter: *)								
enkel hennepslang .	0,50	0,70	1,20	1,90	2,60	3,40	4,20	5,20 gld.
,, leeren ,, .	—	4,—	5,—	6,—	7,50	8,50	10,50	13,— ,,
rubberslang met hennepbekleeding . .	1,50	200,	3,00	4,50	7,—	9,—	12,50	16,— ,,
idem met leerbekleeding	—	9,—	11,—	14,—	16,—	24,—	31,—	38,— ,,

Weegwerktuigen.

Weegbruggen.

Waggonweegbruggen voor normaal spoor worden met en zonder railonderbreking gebouwd, zoowel voor een gemetselde als voor een ijzeren fundeering. In het laatste geval uitsluitend smeedijzer. De bruggen kunnen in ontlasten toestand door locomotieven worden bereden. De opheffing geschiedt bij de wielbanden, niet bij de radkransen.

Draagkracht KG	Grootte van de brug Meter	Weegbrug met geribd plaatijzeren dek: Gemetselde fund. Gew. KG	Gemetselde fund. Prijs Gld.	IJzeren fund. Gew. KG	IJzeren fund. Prijs Gld.	Prijs *) in gld. van: plaatijzeren schaaldekkast	plaatijzeren postament	signaalschijf
20 000	2 × 5	2 550	765	4 200	1 095			
30 000	2 × 6	3 600	945	5 900	1 365	45	84	45
40 000	2 × 6	3 800	1 020	6 900	1 425			
50 000	2 × 6	4 400	1 110	7 000	1 560			

Met eikenhouten dek f 60 à f 80 duurder.

*) Vóór den oorlog.

Weegbruggen voor voertuigen

Draag-vermogen KG	Bruggrootte Meter	Weegbrug met eikenhouten dek voor: Gemetselde fund. Gew. KG	Gemetselde fund. Prijs *) Gld.	IJzeren fund. Gew. KG	IJzeren fund. Prijs *) Gld.	Smeedijzeren raam voor de brug bij gemetselde fund. Gewicht KG	Prijs *) Gld.
5 000	2 × 3	1 260	393	1 920	567	175	39
5 000	2 × 4,5	1 735	495	2 655	735	220	47
7 500	2,2 × 5	2 165	615	3 600	906	315	66
10 000	2,2 × 5	2 415	639	4 200	933	315	66
15 000	2,2 × 5	2 680	724	4 830	1 053	315	66
20 000	2,2 × 6	3 360	885	5 620	1 260	350	78

Kraanweegtoestellen.

Draag-vermogen KG	Gewicht KG	Lengte van haak tot haak mM	Prijs Gld. *)
1 000	62	645	150
5 000	166	940	216
10 000	265	1 180	282
25 000	610	1 550	660
50 000	1 650	2 290	1 278

Bascules.

1) *met loopgewicht:*

Draagvermogen KG	Afmeting van het platvorm in mM	Gewicht KG	Prijs *) Gld.
150	450 × 340	65	72
200	600 × 450	90	81
300	650 × 500	125	90
500	800 × 650	240	114
750	850 × 650	275	126
1 000	900 × 700	320	141
2 000	1 100 × 900	475	213

2) *met schaal* (decimaal bascules). Gesmeed ijzeren bascules:

Draagvermogen KG	Afmetingen van het platform Lengte × Breedte mM	Gewicht KG	Prijs *) Gld.
250	650 × 540	120	60
500	800 × 650	150	75
500	900 × 700	195	84
750	850 × 650	220	84
750	950 × 700	230	93
1 000	900 × 700	240	96
1 000	1 000 × 800	300	120
1 500	1 000 × 800	320	135
2 000	1 100 × 850	350	153
3 000	1 100 × 900	420	180
5 000	1 200 × 1 000	650	225
	1 500 × 1 200	940	315

*) Vóór den oorlog.

Zware eikenhouten bascules, met vaststelling der brug:

Weegvermogen . .	50	100	150	200	250	300	KG
Afmetingen der brug Breed en lang . .	39×37	50×51	54×53	58×60	61×62	63×66	cM
Driekant . . . *)	f 17,—	19,—	21,—	24,—	27,—	31,—	
Vierkant . . . *)	- 28.—	20,—	23,—	26,—	29,—	35,—	

Weegvermogen . .	400	500	750	1 000	1 500	2 000	KG
Afmetingen der brug Breed en lang . .	65×68	70×73	78×85	85×95	95×105	100×115	cM
Driekant . . . *)	f 38,—	45,—	54,—	61,—	92,—	130,—	
Vierkant . . . *)	- 42,—	48,—	58,—	69,—	106,—	140,—	

Weegvermogen . .	2 500	3 000	4 000	5 000	7 500	KG
Afmetingen der brug Breed en lang . .	105×125	120×130	130×150	140×160	155×180	cM
Driekant . . . *)	f 165,—	180,—	235,—	250	340	
Vierkant . . - *)	- 175,—	200,—	245,—	280,—	380	

De bruggen der bascules tot en met 500 KG zijn voorzien van opgeschroefd bandijzer, boven 500 KG zijn de bruggen geheel beslagen met ijzer.

Prijzen van ijzeren geijkte gewichten. *)

1	2	5	10	20	25	50 KG
f 0,50	0,75	1,50	2,30	4,50	5,35	9,50

Prijzen van koperen geijkte gewichten. *)

In blokjes van	13	9	5 stuks
per blok	f 5,55	2,75	2,30

Indische weegarmen (datjins).

Geijkte weegarmen van Hollandsch fabrikaat (firma Linde-Teves-Stokvis) (fig. 1).

Weegvermogen	1/8—25 kati	1/4—55 kati	1	1½	2	2½	3 pikol
Prijs *) per stuk	f 16	22,50	60	70	85	100	120

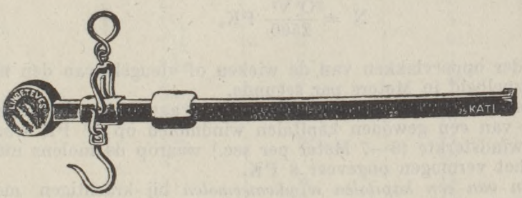


Fig. 1.

*) Vóór den oorlog.

Windmolens.

Litteratuur.

A. A. Beekman. Polders en droogmakerijen, met atlas, Gebr. Van Cleef, 1912, geb. f 30,65.
L. Hammel. Ausnützung der Windkräfte, 1911, Parey.
O. Stertz. Windkraft oder Kleinmotoren? 1908. Voigt, Leipzig.
Paul la Cour. Die Windkraft und ihre Anwendung zum Antrieb von Elektrizitätswerken. Verlag P. H insius, Leipzig.
,,Modernes Leben auf dem Lande" Vereinigte Windturbinenwerke te Dresden.
F. Neumann. Die Windkraftmaschinen. Von M. Conrad, 3 Aufl. 1907, B. F. Voigt, Leipzig.
A. R. Wolff. The windmill as prime mover, New-York.
De Natuur, 1914, bladz. 69.
V. Disselkoen. Iets over molenwieken. Tijdschrift Waterschap 1915 bldz. 88 en vg.

De windmolens worden onderscheiden in:

a. Houten staartmolentjes voor klein vermogen en kleine vlucht; zij kunnen zichzelf op den wind stellen en dienen voornamelijk voor polderbemaling.

b. Wipmolens voor groote en kleine vlucht, waarbij het geheele bovengedeelte draaibaar is op een onderstel.

c. Steenen, achtkante of gewone Hollandsche windmolen, welke voor verschillende doeleinden wordt gebruikt; deze heeft een draaibare kap op een rolring.

Zij hebben vier wieken en tot 32 Meter roedelengte of vlucht. Veelal is de vlucht van een kapitalen windmolen 24 à 28 Meter (80 à 100 voet). IJzeren en stalen roeden zijn voordeeliger dan houten. Het vermogen van een windmolen kan globaal worden bepaald door middel van de formule

$$N = \frac{O\ V^3}{2500}\ PK,$$

waarin

O de som der oppervlakken van de wieken of vleugels van den molen in M².
V De windsnelheid in Meters per secunde.

Het vermogen neemt bij grootere windsnelheid aanzienlijk toe. Gemiddeld kan het vermogen van een gewonen kapitalen windmolen op 16 PK worden gesteld; bij een goede windsterkte (6—7 Meter per sec.) waarop de molens nuttig beginnen te werken, is het vermogen ongeveer 8 PK.

Het *vermogen van een kapitalen windwatermolen* bij krachtigen molenwind is, volgens *Simons* en *de Greve* uit verschillende waarnemingen afgeleid, gemiddeld te stellen op 55 M³ over 1 Meter hoogte per minuut. Volgens verschillende ondervindingen is het aantal *volle maaldagen per jaar* op niet meer dan 60 te stellen. De grootste werking van een molen in 24 uren is volgens *Simons* en *de Greve* per minuut slechts 18,84 M³ 1 Meter hoog. Als regel kan men stellen, dat bij polderbemaling voor een oppervlak van 650 tot 700 HA en 1 Meter opvoerhoogte een molen van 25 à 30 Meter vlucht noodig is, wanneer de polder op vrijen boezem afwatert.

Volgens een verhandeling van *Conrad, Reuvens* en *Stieltjes* kan het *vermogen van schepradmolens* bij verschill nden winddruk gesteld worden als volgt:

Winddruk	Windsnelheid	Wateropbrengst van 1 molen 1 Meter hoog
0— 5 KG/M²	0— 7 M per sec.	geen, buiten gemaal.
5—10 ,,	7—10 ,, ,, ,,	10 M³ per minuut.
10—20 ,,	10—14 ,, ,, ,,	23 ,, ,, ,,
20—30 ,,	14—17 ,, ,, ,,	38 ,, ,, ,,
30 ,, en meer	17 en meer	buiten gemaal.

Het onderhoud van een houten watermolen kost ongeveer f 250 per jaar.

d. Stalen windmolens (*motoren*) worden gebouwd tot 12 Meter raddiameter met een vermogen van 6—20 EPK. Voor het drijven van machines moet de windmotor minstens 5 Meter raddiameter hebben. De torenhoogte bedraagt veelal 10 tot 14 Meter en moet zoo hoog zijn, dat de onderkant van het windrad minstens 2 Meter hooger is dan eenig bouwwerk, dat zich binnen 300 M afstand in den omtrek bevindt. De goede motoren hebben een zelfwerkende regeling naar wind-sterkte door middel van een zijvaan, welke het windrad bij sterken wind schuin ten opzichte van de windrichting stelt en waardoor de winddruk wordt verminderd. De hoofdvaan of staart zorgt voor de regeling naar de windrichting. Hoewel met de vaaninrichting het aantal omwentelingen binnen zekere grenzen wordt gehouden (tot ongeveer 150 %) is nog geen afdoende regulateur voor constante snelheid bekend. De kosten van bediening en onderhoud zijn geringer dan bij de gewone windmolens. Door de mindere wrijving, welke de motoren ontwikkelen, kunnen deze molens reeds werken bij windsnelheden van 4 Meter per sec., zoodat zij meer dan den dubbelen tijd in het gemaal kunnen zijn dan een gewone windmolen, (± 150 tot 200 dagen per jaar).

Volgens waarnemingen van het Kon. Meteor. Instituut (zie ook blz. 59 e. v.) kan men op een windsterkte van 4—5 Meter per secunde gedurende minstens 10 uur per etmaal rekenen; in de zomermaanden echter niet meer dan 4 Meter en in de wintermaanden dicht tegen de 5 Meter per sec.

Het *vermogen* van een windmotor kan ruw geschat worden op

$$\frac{F \times v^3}{2500} \text{ PK}$$

waarin F het vleugeloppervlak in M^2 of daar niet het geheele radoppervlak werkzaam is, gelijk aan f × de oppervlakte van het rad, waarbij f ± 60% en v de windsnelheid in Meter per secunde.

Het vermogen in EPK, dat een goede stalen windmotor kan ontwikkelen, wordt als volgt opgegeven:

Raddiameter in Meter	Windsterkte per secunde in Meter			
	4—5	6—7	8	
5	1	2½	4	EPK
5½	1¼	3	5	,,
6	1½	4	6	,,
6½	1¾	4½	7	,,
7	2	5	8	,,
7½	2¼	5½	9	,,
8	2½	6	10	,,
8½	2¾	6½	11	,,
9	3	7	12	,,
10	4	8	14	,,
11	5	10	15	,,
12	6	14	20	,,
15	9	18	30	,,

Kleinere vermogens dan van windmotoren met 5 M raddiameter worden niet gebezigd.

Gebezigd als watermolen in verbinding met een vijzel, is het vermogen belangrijk minder. Bij matigen wind (± 8 Meter snelheid) kan de wateropbrengst van een windmotor met 12 Meter radmiddellijn op ongeveer 23 M^3 per minuut 1 Meter hoog worden gesteld.

Een complete windmotorinstallatie met vijzel voor polderbemaling zooals opgesteld voor ,,de Kloosterpolder" te Ried bij Franeker met een raddiameter van 15 M, stalen vijzel van 1,80 M diameter en 4,25 M lengte voor een maximale opvoerhoogte van 1,30 M, bedroeg (vóór den oorlog) ongeveer f 22 000 met grondwerken, fundeering, enz. inbegrepen. Hierbij kan men rekenen voor:

afschrijving 4%,
onderhoud 1½% (motor en vijzel),
bediening f 75,— per jaar,
smeermiddelen f 30,— per jaar.

De Amerikaansche windmotoren zijn lichter en kleiner geconstrueerd dan b.v.

de Duitsche ,,Hercules" motoren, welke tevens een automatische regeling naar de windsterkte bezitten.

Voor polderbemaling in normale omstandigheden bij matige opvoerhoogten van 1 tot 1,50 Meter, zijn de volgende radmiddellijnen ruimschoots voldoende:

Radmiddellijn	Maximum te bemalen oppervlak van den polder
5 M	30 HA
5½ ,,	35 ,,
6 ,,	45 ,,
6½ ,,	60 ,,
7 ,,	80 ,,
7½ ,,	110 ,,
8 ,,	150 ,,
8½ ,,	200 ,,
9 ,,	270 ,,
10 ,,	360 ,,
11 ,,	500 ,,
12 ,,	700 ,,

Prijzen *) van Amerikaansche (,,Dandy", enz.) gegalvaniseerd stalen windmolens:

Middellijn der wieken in M	Pompmolens		Drijfmolens met stalen wielen	Prijs van den gegalv. stalen toren bij een hoogte in M van			
	,,Dandy" gegalv. stalen wieken	,,Challenge" houten wieken		15	18	24	30
2,40	f 120,—	—	—	f 180	230	395	515
3,—	152,50	f 147,50	—	180	230	395	515
3,60	—	175,—	—	—	—	—	—
3,90	280,—	—	f 345,—	272	346	590	770
4,20	317,—	—	399,—	272	346	590	770
4,80	537,50	—	588,—	472	567	756	945
5,40	665,—	—	715,—	472	567	756	945

*) Vóór den oorlog.

Stoom, Stoomketels en -leidingen.

Litteratuur.

(Zie ook de litteratuuropgave bij stoommachines op blz. 869).

Nanno A. Imelman. Het Stoombedrijf. Deel I, Stoomketels f 5,25, geb. f 6,75. Deel II, Stoomleidingen. Æ. E. Kluwer, Deventer f 4,—, geb. f 5,50.

Prof. F. K. Th. v. Iterson. Stoomleidingen, stoomdrukreduceertoestellen, condenswaterafvoerinrichtingen, geïll. Æ. E. Kluwer, Deventer f 1,20.

A. D. F. W. Lichtenbelt. Het Scheepsstoomwerktuig. Deel I met atlas, 6e druk 1913, Stoomketels.

H. J. Gatsonides en P. Labrijn. De Gids voor Locomotief-Machinisten en stokers, f 8,10.

De Natuur 1912, bldz. 136.

W. M. Barr. Boilers and furnaces, considered in their relations to the steamengine.

L. E. Bertin. Chaudières marines.

J. Boulvin. Cours de mécanique appliquée aux machines. 4me fasc. Générateurs à vapeur.

Bryan Donkin. The heat efficiency of steamboilers; land, marine and locomotive.

Nelson Foley. The mechanical engineers referencebook for machine- and boilerconstruction.

O. von Grove. Konstruktionslehre der einfachen Maschinenteile (Klinkverbindingen). 1906. S. Hirzel.

O. Herre. Dampfkessel. 1906. Kröner Lpz.

W. S. Hutton. Steamboiler-construction, a practical handbook for engineers, boilermakers and steamusers.

L. Marchis. La vapeur d'eau surchauffée.

J. Pechan Leitfaden des Maschinenbaues. Teil II, Motoren, u.s.w.

J. Perry. The steam-engine and gas and oilengines (stoomketels),

A. Polhausen. Die Dampfkessel und Dampfmaschinen-Anlage (Weitzel '12)

E. Sauvage. La machine à vapeur. Tome II.

R. Spalckhaver und Fr. Schneiders. Die Dampfkessel.

C. E. Stromeyer. Marine-boiler, management and construction.

F. Tetzner. Die Dampfkessel.

R. H. Thurston. A manuel of steamboilers, their design, construction and operation.

Th. W. Traill. Boilers, their construction and strength.

K. Vigener. Hilfsbuch für Maschinisten und Heizer. Hackmeister & Thal. Leipzig.

Eigenschappen van den stoom.

Om water van bepaalde temperatuur tot stoom te doen overgaan zijn noodig:

1. een hoeveelheid warmte om het water op de temperatuur te brengen, waarbij de stoomvorming begint (de *vloeistofwarmte* of *waarneembare warmte*), en

2. een hoeveelheid warmte om zonder temperatuursverhooging het water in dampvorm met dezelfde temperatuur te doen overgaan (*verdampingswarmte* of *latente warmte*) waarvan een gedeelte benoodigd is om de cohesie te overwinnen (*inwendige* of *gebonden warmte*) en het andere gedeelte om de uitwendige drukking op den stoom weer te overwinnen (*uitwendige of vrije warmte*). Beide kunnen door condensatie teruggewonnen worden.

Volgens *Regnault* bedraagt de vloeistofwarmte voor 1 KG water van 1° C. temperatuur $t + 0{,}000\,02\ t^2 + 0{,}000\,000\,3\ t^3$ calorieën
en de totale warmte $606{,}5 + 0{,}305\ t$ calorieën. (Zie ook bldz. 431.)

Verzadigde stoom is stoom, welke bij een zekere temperatuur het maximum van dichtheid en spanning heeft en waaraan men bij een bepaalde spanning geen warmte kan onttrekken, zonder dat een deel in den vloeibaren toestand terugkeert.

Oververhitte stoom is stoom, waarvan men de temperatuur verhoogt en waaraan men tot de verzadigingstemperatuur warmte kan onttrekken, zonder dat een deel neerslaat. Het aanvankelijk in den stoom aanwezige vocht wordt bij oververhitting verdampt, waardoor het volume niet onbelangrijk wordt vergroot (tot 25%).

Vochtige of natte stoom, welke waterdeeltjes in fijnen druppelvorm bevat, heeft een vochtigheidsgraad, welke in percenten wordt uitgedrukt en welke het gewicht van het in 1 KG vochtigen stoom voorhanden zijnde water uitdrukt (b.v. 15% vochtigheid beteekent 0,15 KG water in 1 KG stoom).

Eigenschappen van verzadigden stoom:

Overeenkomstige spanning, temperatuur, volume en dichtheid.

Absolute spanning.		Temperatuur in gr. Celsius.	Totale warmte in calorieën volg. Regnault	Volume van 1 KG stoom in M³	Gewicht van 1 M³ stoom in KG	Absolute spanning.		Temperatuur in gr. Celsius.	Totale warmte in calorieën volg. Regnault	Volume van 1 KG stoom in M³	Gewicht van 1 M³ stoom in KG
KG per cM²	Eng. pond p. vierk. Eng. duim					KG per cM²	Eng. pond p. vierk. Eng. duim				
0,0063	0,089	0	606,50	211,3	0,0047	5,00	71,11	151,0	652,55	0,376	2,660
0,10	1,42	45,6	620,40	15,048	0,066	5,10	72,54	151,7	652,78	0,369	2,710
0,20	2,84	59,8	624,72	7,800	0,128	5,20	73,96	152,5	653,00	0,362	2,759
0,30	4,27	68,7	627,46	5,315	0,188	5,30	75,38	153,2	653,22	0,356	2,809
0,40	5,69	75,5	629,52	4,049	0,247	5,40	76,80	153,9	653,44	0,350	2,859
0,50	7,11	80,9	631,17	3,280	0,305	5,50	78,23	154,6	653,65	0,344	2,908
0,60	8,53	85,5	632,57	2,762	0,362	5,60	79,65	155,3	653,86	0,338	2,958
0,70	9,96	89,5	633,78	2,388	0,419	5,70	81,07	156,0	654,07	0,333	3,007
0,80	11,38	93,0	634,87	2,016	0,475	5,80	82,49	156,6	654,27	0,327	3,057
0,90	12,80	96,2	635,83	1,884	0,531	5,90	83,92	157,3	654,47	0,322	3,106
1,00	14,22	99,1	636,72	1,706	0,586	6,00	85,34	157,9	654,67	0,317	3,156
1,10	15,65	101,8	637,54	1,560	0,641	6,20	88,18	159,2	655,06	0,307	3,254
1,20	17,07	104,2	638,29	1,437	0,696	6,40	91,03	160,5	655,44	0,298	3,353
1,30	18,49	106,5	639,00	1,333	0,750	6,60	93,87	161,7	655,81	0,290	3,451
1,40	19,91	108,7	639,66	1,243	0,804	6,80	96,72	162,9	656,17	0,282	3,549
1,50	21,33	110,8	640,28	1,165	0,858	7,00	99,56	164,0	656,53	0,274	3,647
1,60	22,76	112,7	640,87	1,096	0,912	7,20	102,4	165,2	656,87	0,267	3,744
1,70	24,18	114,5	641,43	1,036	0,966	7,40	105,2	166,3	657,21	0,260	3,842
1,80	25,60	116,3	641,97	0,981	1,109	7,60	108,1	167,4	657,54	0,254	3,939
1,90	27,03	118,0	642,48	0,933	1,072	7,80	110,9	168,4	657,87	0,248	4,036
2,00	28,45	119,6	642,97	0,889	1,125	8,00	113,8	169,5	658,19	0,242	4,133
2,10	29,87	121,1	643,44	0,849	1,178	8,20	116,6	170,5	658,50	0,236	4,230
2,20	31,29	122,6	643,89	0,813	1,230	8,40	119,5	171,5	658,90	0,231	4,327
2,30	32,71	124,0	644,32	0,779	1,283	8,60	122,3	172,5	659,10	0,226	4,423
2,40	34,13	125,4	644,74	0,749	1,335	8,80	125,2	173,4	659,39	0,221	4,520
2,50	35,58	126,7	645,15	0,721	1,387	9,00	128,0	174,4	659,68	0,217	4,616
2,60	36,98	128,0	645,54	0,695	1,439	9,20	130,9	175,3	659,97	0,212	4,712
2,70	38,40	129,3	645,92	0,670	1,491	9,40	133,7	176,2	660,25	0,208	4,808
2,80	39,82	130,5	646,29	0,648	1,543	9,60	136,5	177,1	660,52	0,204	4,904
2,90	41,25	131,6	646,65	0,627	1,595	9,80	139,4	178,0	660,79	0,200	5,000
3,00	42,67	132,8	647,00	0,607	1,647	10,00	142,2	178,9	661,06	0,196	5,095
3,10	44,09	133,9	647,34	0,589	1,698	10,50	149,3	181,0	661,71	0,188	5,333
3,20	45,51	135,0	647,68	0,572	1,749	11,00	156,5	183,1	662,33	0,179	5,571
3,30	46,93	136,1	648,00	0,555	1,801	11,50	163,6	185,0	662,93	0,172	5,808
3,40	48,36	137,1	648,31	0,540	1,852	12,00	170,7	186,9	663,52	0,165	6,045
3,50	49,78	138,1	648,62	0,525	1,903	12,50	177,8	188,8	664,08	0,159	6,281
3,60	51,20	139,1	648,92	0,512	1,954	13,00	184,9	190,6	664,62	0,153	6,516
3,70	52,62	140,0	649,21	0,499	2,005	13,50	192,0	192,3	665,15	0,148	6,751
3,80	54,05	141,0	649,50	0,487	2,056	14,00	199,1	194,0	665,67	0,143	6,985
3,90	55,47	141,9	649,78	0,475	2,106	14,50	206,2	195,6	666,17	0,139	7,219
4,00	56,89	142,8	650,06	0,464	2,157	15,00	213,3	197,2	666,66	0,134	7,452
4,10	58,31	143,7	650,33	0,453	2,208	15,50	220,4	198,8	667,13	0,130	7,685
4,20	59,74	144,6	650,59	0,443	2,258	16,00	227,6	200,3	667,60	0,126	7,917
4,30	61,16	145,4	650,85	0,433	2,309	16,50	234,7	201,8	668,05	0,123	8,149
4,40	62,58	146,3	651,11	0,424	2,359	17,00	241,8	203,3	668,49	0,119	8,380
4,50	64,00	147,1	651,36	0,415	2,409	17,50	248,9	204,7	668,93	0,116	8,611
4,60	65,43	147,9	651,61	0,407	2,459	18,00	256,0	206,1	669,35	0,113	8,841
4,70	66,85	148,7	651,85	0,398	2,510	18,50	263,1	207,4	669,77	0,110	9,072
4,80	68,27	149,5	652,09	0,391	2,560	19,00	270,2	208,8	670,17	0,108	9,302
4,90	69,69	150,2	652,32	0,383	2,610	20,00	284,5	211,3	670,96	0,102	9,760

Stoomketels.

Vermogen van stoomketels.

Het *stoomvoortbrengend* vermogen van een ketel is bekend, als men weet, hoeveel gewichtsdeelen (KG) water per uur kunnen worden verdampt en hoe groot de spanning van den stoom is. Bij nog niet in gebruik geweest zijnde ketels dient men het verwarmingsoppervlak (V O) te kennen en het aantal KG water, dat per M² verwarmend oppervlak stoom wordt. Onder V. O. verstaat men het oppervlak van de deelen van den ketel, waarmede het vuur direct of indirect in aanraking komt (vlammen of heete gassen). De verwarmde ketelplaten moeten steeds met het ketelwater in aanraking zijn.

Het *verdampend vermogen* van stoomketels hangt behalve van de brandstof en den trek voornamelijk af van de soort van ketel; ketels met groote waterruimte zullen tengevolge van de minder economische stookinrichtingen per tijdseenheid veel minder stoom kunnen ontwikkelen dan die met minder waterruimte, zooals waterpijpketels, enz.

Voor dezelfde soort goede steenkolen bedraagt de hoeveelheid stoom, welke per M² verwarmend oppervlak wordt geproduceerd ,bij

Landketels gemiddeld 20 KG, bij locomobielen 29,5 KG.
Bootketels (natuurlijke trek) 22 KG.
Locomotiefketels voor personentreinen 50 KG
goederentreinen 42 ,,
berglocomotieven 36 ,,

In het algemeen is het verdampingsvermogen van niet al te slechte landketelsystemen voor verschillende brandstof als volgt:

Brandstof	Gewicht van 1 M brandstof gemiddeld	1 KG brandstof geeft stoom in KG	1 KG brandstof verbruikt verbrandingslucht in M³	1 KG brandstof p. uur heeft noodig een totaal roosteroppervlak M²	1 M² totaal R O verbrandt per uur KG
middelmatige steenkolen	760—850	6,5—8	10—18	0,010	80—100
bruinkolen	600—720	2,5—4,5	4— 7	0,003	200—300
cokes	400—600	7—8	9—17	0,010	80
droog hout	250—450	4—	4— 7	0,003	250
turf	450—600	1,5—3	3— 7	0,003	250

Vroeger nam men aan, dat per M² V O per uur voor iederen graad temperatuursverschil van het ketelwater en de verbrandingsgassen 23 WE werden opgenomen; latere onderzoekingen leerden echter, dat bij hoogere temperaturen deze warmtehoeveelheid grooter wordt tengevolge van de meerdere watercirculatie.

Onder *rendement* of *nuttig effect* van een ketel verstaat men de verhouding:

$$\frac{\text{aan het ketelwater en den stoom afgegeven warmte}}{\text{theoretische warmtewaarde van de brandstof}}$$

Gemiddeld bedraagt deze 70 tot 85% voor stationnaire en 60 tot 75% voor beweeglijke ketels, waarbij voorwarmers en oververhitters begrepen.

Verhouding van het verwarmend oppervlak (V O) ten opzichte van het rooster-oppervlak (R O).

De verhouding tusschen het V O en het R O hangt, behalve van den gebezigden trek, af van de grootte en van de soort van ketel. Zij bedraagt voor

landketels,	gewoon bedrijf	gemiddeld	25, bij waterpijpketels tot 18.
	locomobielen	,,	20
bootketels,	natuurlijke trek	,,	28
	geforceerde trek	,,	33
locomotiefketels,	personentreinen	,,	40
	goederentreinen	,,	60
	berglocomotieven	,,	80

Verhouding tusschen brandstofverbruik en roosteroppervlak (*R O*).

De grootte van het roosteroppervlak regelt zich naar de gebruikte brandstof en het gewicht daarvan (zie ook vorenstaande tabel) De hoeveelheid steenkolen, welke per uur op 1 M^2 roosteroppervlak wordt verstookt, is tevens zeer afhankelijk van den trek en bedraagt bij

landketels gewoon bedrijf	70—120	KG
locomobielen gem.	100	,,
bootketels natuurlijke trek gem.	90	,,
geforceerde trek tot	140	,,
locomotiefketels	400	,,

Bij het gebruik van bruinkolen moet het R O 3 à 4 maal zoo groot zijn, bij hout en turf ongeveer 3½ maal; bij zaagsel ongeveer 1½ à 2 maal.

Stoomspanning.

De stoomspanning wordt uitgedrukt in atmosferen; 1 atm. = 1 KG per cM^2 (eigenlijk 1,033, zie blz. 424).

Werkten de stoomketels vroeger met een stoomspanning van 5—6 atm., tegenwoordig is deze gemiddeld 7—8 atm. en bij de kleinere tot 12 atm., terwijl de moderne grootere installaties de spanning reeds tot 15 zelfs 20 atm. hebben opgevoerd. (Bedoeld wordt overdruk).

Effect van de verbrandingswarmte voor stoomvorming.

Tusschen de bovengenoemde grootheden van een ketel heeft men nu het volgende verband:

a KG kolen = 1 R O
1 R O = b V O
1 V O = c KG stoom
d KG stoom = 1 KG kolen.

zoodat a × d = b × c zal zijn:

Voorbeeld a = 80 KG
b = 25
c = 20,8 KG
d = 6,5 KG

dan is dus 80 × 6,5 = 25 × 20,8.

Goed ingerichte ketels van den laatsten tijd kunnen per KG der beste steenkoolsoorten 9 à 10 KG water verdampen.

Voor hoever de afgegeven warmte benut wordt, dient de volgende

Gemiddelde warmtebalans van een ketel:

Onbenutte warmte in den vorm van onverbrande brandstof (cokes, enz., dat door den rooster valt, roet, onverbrande gassen)	6 %
Warmteverliezen door uitstraling en geleiding van voorfront en ketelbemetseling	4 ,,
Warmte, welke met de rookgassen door den schoorsteen ontwijkt . .	13 ,,
Warmte, benuttigd voor stoomvorming	77 ,,
Samen	100 %

Kosten van 1 Kilogram stoom.

De kosten van 1 KG stoom bedroegen vóór den oorlog en volgens verschillende onderzoekingen 0,12 tot 0,24 cent.

Stelt men de verbrandingswaarde van 1 KG kolen op 6500 WE en is de gemiddelde spanning van den stoom 8 atm. = 9 KG per cM^2 absoluut, met een warmte van 660 WE, dan zijn bij een temperatuur van het voedingswater van 20° C, voor het vormen van 1 KG van dezen stoom 640 WE noodig. Een gemiddelde ketelaanleg met ongeveer 70% nuttig effect levert dan met 1000 KG kolen

$$0{,}70 \times \frac{1000 \times 6500}{640} = 7100 \text{ KG stoom.}$$

1000 KG stoom kostten dus bij een prijs van f 9,50 voor 1 ton kolen

$$\frac{9{,}50}{7{,}1} = \text{f } 1{,}34.$$

Hierbij komt nog het arbeidsloon en het onderhoud van den ketel, welke samen per 1000 KG stoom worden gesteld op f 0,41, zoodat 1000 KG stoom kostten f 1,75.

Volgens stookproeven aan de fabrieken van Philips te Eindhoven bedraagt de kostprijs van 1000 KG stoom thans (1918) voor steenkolen f 7,—, voor bruinkool f 7,50, voor hout f 9,— en voor turf f 4,50. (Zie verslag Arbeidsinspectie over 1918).

Systemen van stoomketels.

Cilinderketels worden zelden voor meer dan 6 atm. druk gemaakt en voor 12—15 M^2 verwarmingsoppervlak, overeenkomend met 8—10 PK. Middellijn van den ketel 0,8—1,5 M. De ketel wordt in kleine bedrijven nog veel toegepast, maar staat in verdampingsvermogen door de groote plaatsruimte bij andere ketelsoorten achter.

Ketels met één vuur- of vlambuis (*Cornwallketels*). Keteldruk 6—8 atm. en meer, verwarmingsoppervlak tot 75 M^2, middellijn van de vuurbuis 1,2 tot 2; lengte tot 10 à 12 M. De ketels geven een nuttig brandstofverbruik, hebben een eenvoudigen en goedkoopen bouw, maar de vuurbuis wordt door haar ligging op een zware proef gesteld. Verder is het gewicht vrij groot en de reiniging van den ketel onder de vuurbuis bezwaarlijk. Bij goede kolen en doelmatige bediening kan 1 KG kolen 8 à 8,5 KG water verdampen. De ketel is voor groote installaties evenwel minder geschikt om de plaatsruimte, terwijl de temperatuur en druk eerst na langen tijd worden bereikt.

Ketels met twee vuur- of vlambuizen (*Lancashire- of Fairbairnketels*) worden gebezigd voor grooter verwarmend oppervlak dan 40 M^2. Keteldruk 6—8 atm. en daarboven; verwarmingsoppervlak zelden meer dan 100 M^2. Middellijn der vuurbuizen 0,6—0,9 M, idem van den ketel 1,6 tot 2,5 M. De voor den Cornwallketel genoemde eigenschappen gelden ook hier: een bezwaar blijft de sterke uitzetting, waardoor de

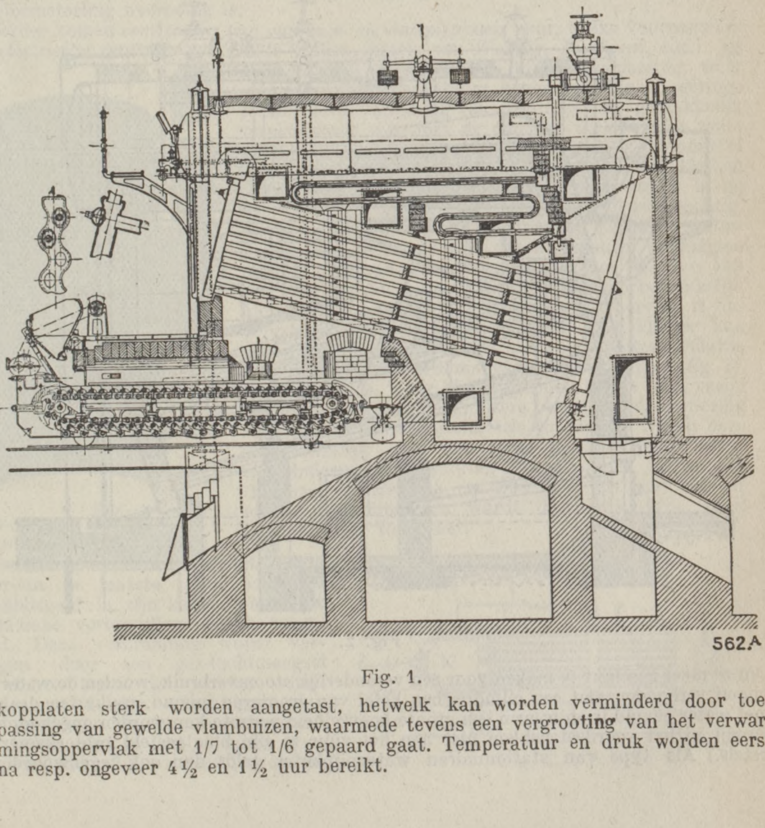


Fig. 1.

kopplaten sterk worden aangetast, hetwelk kan worden verminderd door toepassing van gewelde vlambuizen, waarmede tevens een vergrooting van het verwarmingsoppervlak met 1/7 tot 1/6 gepaard gaat. Temperatuur en druk worden eerst na resp. ongeveer 4½ en 1½ uur bereikt.

De *Gallowayketel* is eigenlijk een vuurbuisketel met radiale dwarsbuizen, welke dienen om de verdamping te bevorderen en de vuurbuis te versterken. De ketel heeft een gunstig brandstofverbruik, maar moeilijke reiniging, zwaar gewicht en hoogen prijs.

Bouilleurs of kookbuizenketels hebben verschillende tot één geheel vereenigde cilindrische ketels of kookbuizen. Wordt direct onder de buizen gestookt, dan heeten zij bouilleurs; worden zij alleen door de verbrandingsgassen verwarmd, dan noemt men ze voorwarmers. Middellijn der kookbuizen min. 0,45 M gewoonlijk 0,70 M, lengte 9—12 M. Zij hebben ongeveer het verdampingsvermogen van vuurbuisketels, maar zijn in gewicht wat lichter en beter te reinigen, geschikt voor hoogen stoomdruk en billijk in prijs. Daarentegen is zorgvuldig uitgevoerd en duur muurwerk noodig en moet het ketelwater sterk voorgewarmd worden, daar licht inwendige corrosies plaats vinden.

Tweekookbuizenketels (*Woolffsche* ketels) en meerdere kookbuizenketels komen alleen voor grootere inrichtingen in aanmerking.

Waterbuizen- of pijpketels (fig. 1 en 2) kunnen worden beschouwd als te zijn ontstaan uit de kookbuizenketels, waarbij het aantal kookbuizen vermenigvuldigd is en deze meer den vorm van pijpen bezitten. Door de kleine middellijn der buizen kunnen deze bij geringe wanddikte reeds hooge spanningen weerstaan, terwijl de schade bij explosies gering blijft. De zuiver uit waterbuizen bestaande ketels (*Belleville*-ketels) zijn moeilijk op waterhoogte en stoomdruk te houden.

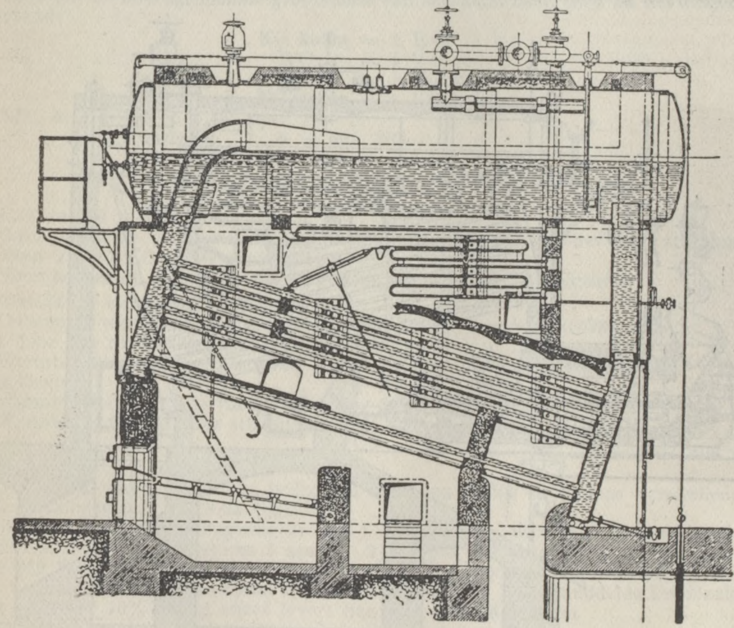


Fig. 2.

Om ze meer geschikt te maken voor een veranderlijk stoomverbruik, worden de waterpijpen verbonden met een cilindrischen ketel van grooteren inhoud, welke ten deele met water gevuld is en waarin een groote hoeveelheid warmte kan worden opgehoopt, terwijl zij het voordeel hebben niet aan het vuur te zijn blootgesteld (waterkamerketels.) Als type van stationnairen waterpijpketel geldt dan ook tegenwoordig

deze waterkamerketel, w. o. die van *Steinmüller*, *Gehre* (fig. 2) e. a. en de uit afzonderlijke afdeelingen bestaande ketel van *Babcock* en *Wilcox* (fig. 1).

Naast deze constructies vindt men ook de ketels met verticaal of bijna verticaal staande pijpen, zooals de Garbe-ketel. De Stirlingketel, die in Engelsche en Amerikaansche centrales veel voorkomt, heeft verticale pijpen en geeft daardoor veel natten stoom.

De verhouding tusschen rooster- en verwarmend oppervlak is bij waterpijpketels groot en kan tot 1 op 18 gaan. H t verdampingsvermogen is hierdoor gunstig en de stoomontwikkeling snel, terwijl door de levendige waterbeweging ketelsteenvorming nagenoeg belet wordt. Toch is een eerste voorwaarde voor de bedrijfszekerheid, dat het voedingswater zuiver is om mogelijke ketelsteenvorming in de nauwe pijpen tegen te gaan. De ketel is voordeelig voor hooge spanningen, waar tegenover staat, dat natte stoom ontwikkeld wordt en de sluitingen moeilijk dicht te houden zijn.

De waterpijpen hebben een wanddikte van 5—7 mM en een wijdte van 60 tot 130 mM. Het verwarmingsoppervlak kan van 400 tot 600 M^2 bedragen en is groot in vergelijking met het gewicht en de benoodigde ruimte.

Het vermogen is gemiddeld 10 KG, hoogstens 15 KG stoom per M^2 verwarmend oppervlak.

Vlampijpketels (locomotief- en locomobielketels, ook kleine scheepsketels) bestaan veelal uit een vereeniging van vuurbuis met vlampijpen, waarbij de eerste tot vuurhaard is verkort. De snelle stoomvorming en het gunstige warmteverbruik hebben deze ketels ook bij stationnaire inrichtingen ingang doen vinden, vooral omdat hierbij ketelbemetseling overbodig is.

Verder komen *combinaties van vuurbuis- en vlampijpketels* voor, welke voornamelijk in electrische centrales een plaats vinden (ketels van *Weinlig*, *Piedboeuf*, enz.)

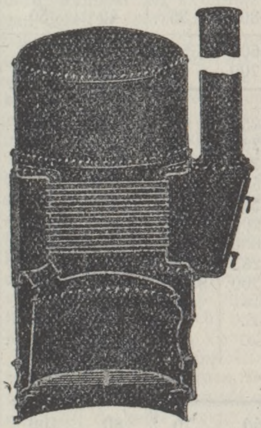


Fig. 3.

Staande of *verticale ketels* vinden toepassing, waar kleine hoeveelheden stoom benoodigd zijn en geringe plaatsruimte aanwezig is. Doordat zij gemakkelijk verplaatsbaar zijn, met de machine op eenzelfde raam kunnen worden gekoppeld en tevens elke brandstof kan worden gebezigd, vinden deze ketels bij kleinen aanleg veel toepassing. De ontwikkelde stoom is bij staande ketels bij sterke belasting evenwel zeer vochtig. Het gewone type is dat met wijde gekruiste waterpijpen. Een ander type is dat met nauwe vlampijpen het z.g. Cochran-type, waarbij door het plaatsen van een groot aantal nauwe vlampijpen in een betrekkelijk kleine ruimte een groot verwarmend oppervlak is ondergebracht en daardoor de ketel nog kleiner kan uitvallen. Men heeft tevens een goede watercirculatie, maar het nadeel van soms lekkende vlampijpen (fig. 3).

Scheepsketels. Voor kleine schepen bezigt men veelal vlampijpketels, voor grootere worden tegenwoordig algemeen de waterbuizenketels toegepast. Waren deze oorspronkelijk van het type *Belleville* met zware waterbuizen, tegenwoordig vindt men uitsluitend *Yarrow*- en *Babcock* en *Wilcox*-ketels met minder wijde waterpijpen en wordt de *Yarrow*-type ketel meer en meer toegepast.

De *Bonecourt*- of *Schnabelketels*, waarover in de laatste jaren pas veel gepubliceerd is, zijn ketels, waarin de vlamlooze verbranding wordt toegepast. Deze verbranding wordt verkregen door een gas-luchtmengsel te voeren tegen een poreuze, vuurvaste massa. De massa gaat dan gloeien en van vlammen is geen sprake. De ketels zijn in het algemeen hoog en kort. Zij is bij voorbeeld voor een

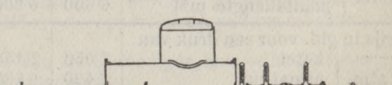


Fig. 4.

ketel met een stoomproductie van 2500 KG per uur de middellijn 3 M en de lengte 1,2 M.

De voordeelen zijn o.a.: hoog thermisch nuttig effect, groot verdampingsvermogen, schoorsteen en bemetseling zijn niet noodig, weinig plaatsruimte en elk gas ook olie is te gebruiken.

Fig. 4 toont een *Bonecourt*ketel met 2 voorwarmers en met olie gestookt.

Afmetingen en prijzen van stoomketels.

Gemiddelde afmetingen van:

a. *Vuurbuizenketels.*

		40	50	60	70	80	90	100	110	M².
Verwarmingsoppervlak . .		40	50	60	70	80	90	100	110	M².
Totale lengte	van het muurwerk.	2,8	3	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	M.
breedte		7	8	9	9,5	10,5	11	12	12	,,
hoogte		2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	,,

b. *Pijpenketels.*

Verwarmingsoppervlak . .		40	50	60	70	80	90	100	110	M².
Totale lengte	van het muurwerk.	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9	2,95	M.
breedte		4,8	5,3	5,5	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	,,
hoogte		3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	4,1	4,1	,,

Prijzen.

De ketels met één of twee vuurbuizen kostten vóór den oorlog per 100 KG gewicht ongeveer 18 tot 24 gulden.

a. *Eénvuurbuisketels.*

		15	20	25	30	35	40	50
Verwarmend oppervlak M² .		15	20	25	30	35	40	50
Ketel	middellijn mM . .	1 300	1 400	1 500	1 600	1 600	1 700	1 800
	lengte mM	3 600	4 400	5 100	5 700	6 650	7 100	8 500
Prijs in gld. voor een druk van								
6 atm.	ketel	1 050	1 200	1 300	1 450	1 550	1 800	2 100
	armatuur	240	250	270	285	310	330	370
	totaal gewicht in KG	3 500	4 500	5 600	6 700	7 600	8 800	10 000
7 atm.	ketel	1 180	1 250	1 350	1 550	1 650	1 900	2 250
	armatuur	240	250	270	285	310	330	370
	totaal gewicht in KG	3 800	4 800	6 000	7 200	8 150	9 700	12 000
8 atm.	ketel	1 150	1 300	1 450	1 650	1 800	2 050	2 250
	armatuur	240	250	270	285	310	330	370
	totaal gewicht in KG	4 100	5 200	6 500	7 700	8 700	10 400	13 000
9 atm.	ketel	—	—	—	—	—	2 400	2 850
	armatuur	—	—	—	—	—	330	380
	totaal gewicht in KG	—	—	—	—	—	11 000	13 500

b. *Tweevuurbuizenketels:*

		40	45	50	60	70	80	100
Verwarmend oppervlak M² .		40	45	50	60	70	80	100
Ketel	middellijn mM . .	1 700	1 800	1 800	1 900	2 000	2 100	2 200
	mantellengte mM	6 300	6 600	7 000	7 900	8 900	9 500	11 200
Prijs in gld. voor een druk van								
6 atm.	ketel	2 050	2 150	2 350	2 550	—	—	—
	armatuur	420	435	450	475	—	—	—
	totaal gewicht in KG	9 000	9 800	10 500	12 000	—	—	—
7 atm.	ketel	2 100	2 250	2 450	2 700	3 150	36 00	4 350
	armatuur	420	435	450	475	510	530	600
	totaal gewicht in KG	9 600	10 500	11 500	14 000	16 500	19 500	24 000
8 atm.	ketel	2 250	2 450	2 550	3 000	3 300	3 750	4 650
	armatuur	420	435	450	475	510	530	600
	totaal gewicht in KG	10 400	11 400	12 200	14 800	16 700	20200	27 000

Verwarmend oppervlak M²	40	45	50	60	70	80	100
Ketel middellijn mM . .	1 700	1 800	1 800	1 900	2 000	2 100	2 200
Ketel mantellengte mM .	8 300	6 600	7 000	7 900	8 900	9 500	11 200
Prijs in gld. voor een drukvan							
10 atm. ketel	2 650	2 750	2 950	3 360	3 850	4 500	5 580
10 atm. armatuur	430	440	460	480	520	540	620
10 atm. totaal gewicht in KG	11 500	12 600	13 500	16 000	18 700	21 600	26 800
12 atm. ketel	—	—	—	—	4 200	4 850	6 000
12 atm. armatuur	—	—	—	—	520	550	620
12 atm. totaal gewicht in KG	—	—	—	—	20 800	24 200	30 700

c. *Pijpketels.*

Verwarm. oppervl. M²	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
Gew.in KG	4800	6000	7000	8000	9300	10500	11500	12500	13000	14000	16000	20000	25000
Prijs in gld.	1800	2000	2400	2700	3000	3600	3900	4200	4300	4500	5000	6000	7500

Het stoken van stoomketels.

Bij den aankoop van een stoomketel drage men den fabrikant tevens den aanleg van de ketelbemetseling op onder zekere garantie. Het is van veel gewicht, dat alle verwarmde oppervlakken, zoowel aan de buitenzijde als aan de binnenzijde goed schoon gehouden worden. Heeft men goed stookgereedschap, dan wordt zoowel door bekwame als onbekwame stokers zuiniger gewerkt. Het werk van den stoker wordt verminderd, wanneer het ketelhuis van een harden gelijken vloer is voorzien. Het gebruik van dezelfde soort steenkool maakt den stoker beter met de eigenschappen daarvan bekend, waardoor hij in staat is economischer te stoken. Hij zal nooit stukken grooter dan een mansvuist op het vuur mogen werpen, onverschillig welke steenkoolsoort gebezigd wordt, zonder deze vooraf kleiner gemaakt te hebben, daar groote stukken de verbranding vertragen en het vuur slechter maken. Men bezige zooveel mogelijk gebroken steenkool van gelijke afmetingen, daar het anders onmogelijk is een gelijkmatig vuur te verkrijgen zonder telkens den stookhaak te gebruiken.

De *rookontwikkeling* bij het stoken hangt behalve van de constructie van den vuurhaard en de belasting van den rooster voornamelijk af van de gebruikte steenkoolsoort. Hoe gasarmer de kolen zijn, hoe minder rook; cokes en anthraciet geven daarom dus den minsten rook. De laatste soorten zijn evenwel niet altijd te krijgen of duur, terwijl gasarme kolen wegens het moeilijke stoken en verbranden voor sterk wisselende bedrijven minder geschikt zijn. Om bij gasrijkere kolen bij volkomen verbranding zoo min mogelijk rookontwikkeling te krijgen, moet de luchttoevoer bij het vullen van den vuurhaard op bijzondere wijze geregeld worden. Dit geschiedt het best door het toevoeren van lucht over of achter den rooster en net zoo lang, tot de kolen van het gas beroofd zijn. Vooral is dit noodig bij het gebruik van Nederlandsche kolen.

Automatische stookinrichtingen, waarbij de brandstof in kleine hoeveelheid op den rooster worden geworpen, hebben het voordeel, dat de vuurdeur niet steeds geopend wordt, het personeel wordt ontlast (b.v. één stoker noodig op 3 à 4 ketels), weinig rook ontstaat, de ketel wegens constanter temperatuur niet zooveel lijdt en het vermogen van den ketel vermeerdert, daar per M² V.O. per uur meer stoom ontwikkeld wordt. De toestellen moeten evenwel goed werken en de kolen niet te veel slakken bevatten.

Roosters. De soort van rooster, die gebruikt moet worden, hangt grootenddeels af van de brandstofhoeveelheid, welke per M² roosteroppervlak en per uur moet worden verstookt.

De grootte van het roosteroppervlak is van de benoodigde hoeveelheid stoom en van de soort van het brandstofmateriaal afhankelijk.

Men rekent bij stationnaire stoomketels voor 100 KG per uur te verstoken brandstof:

voor	steenkolen	1,30 tot	1,67 M².
,,	bruinkolen	1,20	1,40
,,	turf en droog hout	1,00	1,30
,,	cokes	1,60	1,80

en voor elken M² verwarmend keteloppervlak:

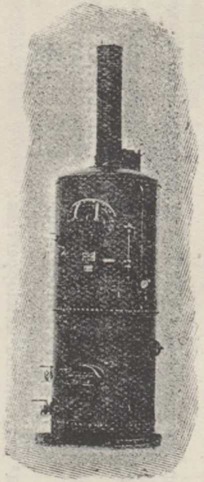


Fig. 4

Afmetingen van vertikale stoomketels van de Haarl. Machinefabriek v/h Gebr. Figée. (fig. 4).

Aantal paardekrachten		3	3,6	4	6—8	8—10	10—12	12—14	18—20
Verwarmend oppervlak	M²	3	3,64	4	5	6,3	9,5	11,3	14,5
Stoomdruk	Atm.	8	8	8	8	8	8	8	8
Hoogte van den buitenromp	M	1,86	1,96	2,16	2,51	2,88	3,20	3,53	3,40
Diameter ,, ,, ,, ...	,,	0,77	0,87	0,92	1,02	1,12	1,22	1,32	1,50
Hoogte ,, ,, binnenromp	,,	1,05	1,12	1,24	1,37	1,68	1,91	2,12	2,35
Diameter ,, ,, binnenromp gemidd. .	,,	0,64	0,73	0,75	0,82	0,87	1,02	1,14	1,25
Aantal kookbuizen		2	2	2	2	3	3	4	8
Diameter ,, ...	mM	136	260	160	165	170	260	260	200
Gewicht van ketel met brandwerk . .	KG	820	1100	1280	1550	1980	2550	3300	4150
Rooster-oppervlak	M²	0,3	0,4	0,43	0,48	0,56	0,78	0,83	1,2
Elke ketel is voorzien van:									
Een completen rooster									
Een vuurraam met deur									
Een schoorsteen, lang 1,22 M.									
Een looden plug									
Manhol- of slikgatdeksels									
Stookgereedschap, (kolenschop, pook, enz.).									
2 Moersleutels (voor manhol- en slikdeksels).									
1 Waterpeiltoestel . . . . . . wijd	mM	13	13	13	16	16	16	26	16
1 Manometer contrôlekraan . . ,,	,,	100	100	100	100	100	100	100	100
2 Proefkranen . . . . ,,	,,	10	10	10	13	13	13	13	13
1 Pakking spuikraan met borggland . . . . ,,	,,	25	25	25	25	25	32	32	38
1 Voeding kraanklepkast . . . ,,	,,	19	19	19	25	25	25	25	25
1 Stoomaanvoerafsluiter . . . ,,	,,	25	25	32	38	38	38	45	50
2 Indirect belaste veiligheidstoestellen, waarvan één is afgesloten . . . . ,,	,,	40	40	40	40	50	50	50	50

voor	steenkolen	0,03 tot	0,05 M².
,,	bruinkolen	0,05	0,08
,,	turf en droog hout	0,04	0,07
,,	cokes	0,03	0,04

en voor 1 PK eff. machinevermogen:

voor	steenkolen	0,06 tot	0,075 M².
,,	bruinkolen	0,08	0,12
,,	hout	0,12	0,15

Voor brandstof, waarvoor de gewone roosters minder geschikt zijn, zooals fijne cokes en kolengruis, gebruikt men zoogen. *Wilton*vuren, welke ook voor goede Ruhr- of Engelsche kolen kunnen worden gebezigd en daarvan een meer volledige verbranding geven.

Kettingroosters past men hoofdzakelijk toe bij benedenvuren onder waterpijpketels, waar men een groot RO noodig heeft. Per uur per M² RO kunnen daarop 125 KG kolen worden verbrand.

In het algemeen bezigt men voor minderwaardige brandstoffen z.g. *trappenroosters*, waarbij de brandstof navalt en de slakken van onderen kunnen worden weggehaald.

In de laatste jaren zijn in het Noorden van ons land — het turfgebied — stookproeven genomen met turf op horizontale binnenroosters en met bevredigend resultaat; een nuttig effect van ketel met oververhitter en zonder economiser, van 73% werd bereikt.

Moet kolenstof verbrand worden, dan moet dit met de lucht worden vermengd, daar het liggend niet verbrandt. Men kan een houtvuur aanleggen of door een centrifugaalventilator het stof opwaaien. Daar groote hitte ontstaat, komen alleen binnenvuren voor stofverbranding in aanmerking.

Het stoken met *vloeibare brandstoffen* heeft groote voordeelen (groote verbrandingswaarde, makkelijke regeling, constante temperatuur, minder stokers, enz.). De olie kan zelf onder luchtdruk of door een stoomstraal worden ingeblazen. Het rendement bedraagt meer dan 80%. Evenals het gebruik van gasvormige brandstof is dit voor olie sterk verminderd, omdat men voordeeliger met motoren werkt, die deze brandstoffen bezigen.

Onder ,,vrij roosteroppervlak" verstaat men de som der luchtopeningen tusschen de roosterstaven. Het is afhankelijk van de g.bruikte brandstof. Men rekent voor steenkolen 1/3—1/2, bij bruinkolen 1/5—1/3 en voor hout en turf 1/7—1/5 van het gezamenlijk oppervlak.

De stoker zal er op moeten letten, dat de luchtopeningen tusschen de roosterstaven (8 à 10 mM) open blijven, dat de roosterstaven goed aan elkaar sluiten en dat sterk kromgetrokken staven spoedig verwijderd worden. Zijn de luchtopeningen in den rooster te klein, dan heeft dit veelal een ,,brullen" van den ketel ten gevolge. Bij sommige steenkolensoorten is het gebruik van een schudrooster noodzakelijk, waarbij van de kolen meer nuttige warmte kan worden verkregen en de vuurdeur niet herhaaldelijk behoeft te worden geopend, waardoor koude lucht binnenstroomt.

Vóór het aanmaken der vuren is het noodig den waterstand in den ketel na te gaan en op de vereischte hoogte te brengen. Het aanmaken kan door middel van droge takkenbossen, houtspaanders, oud poetsmateriaal, enz. geschieden, met toepassing van kunstmatigen trek. De kolen moeten gelijkmatig in dunne lagen worden opgebracht. Hoe dik een vuur moet zijn, hangt veel van ketel en omstandigheden af. Is de ketel te klein, dan wordt door den middelmatigen stoker veelal een dik vuur genomen. De stoker met een dun vuur werkt steeds zuiniger dan die met een dik vuur. Het vullen van den vuurhaard heeft steeds bij gesloten trekschuif plaats om afkoeling van de vuurruimte te voorkomen. De kolen moeten niet onmiddellijk op het heete vuur gelegd worden, maar moeten in een hoeveelheid, welke voor elke vulling noodig blijkt, voor de vuurdeur worden bijeengebracht. Eerst nadat zij zijn opgedroogd en eenigszins zijn gedistilleerd, hunnen zij aan het vuur worden toegevoegd. Door het reinhouden der roosterstaven en het in niet te hooge lagen opstapelen der brandstof is een goede vermenging met de lucht te verkrijgen. Het bekende brommen in den vuurhaard is het gevolg van onbedekte plaatsen op de roosters of van sterk schuimend ketelwater. Alleen vette, bakkende kolen en stofbruinkolen mogen vóór het gebruik natgemaakt worden. De waterstandsverschillen zullen zoo gering mogelijk moeten worden gehouden en de voeding van den ketel zal alleen bij helbrandend vuur mogen plaats hebben, waarbij sterke daling van den druk moet worden vermeden. Het reguleeren van den trek zal met den schoorsteendemper moeten geschieden en niet met de asch-

deuren. Waar mechanische trek wordt gebezigd, wordt deze gewoonlijk geregeld door de snelheid van den ventilateur. De asch moet nooit zoolang in de aschputten liggen, totdat deze grootendeels gevuld zijn. Men moet de putten steeds met water nat houden, waardoor de roosterstaven koeler blijven en het bakken van slakken aan de roosters wordt voorkomen.

Het dooven van het vuur met asch en natte kolen kan alleen worden toegestaan bij korte onderbreking van het bedrijf en nadat de ketel met water is gevoed. Het dooven gedurende den ganschen nacht ingeval van dagbedrijf, moet worden verboden; het is beter het vuur te blusschen, nadat het aan het eind van het bedrijf is weggestorven, de trekschuif gesloten en de waterstand in den ketel op normale hoogte gebracht is. Moet de ketel voor langen tijd buiten gebruik gesteld worden, dan is de hoofdafsluiter kort vóór het afstellen van de stoommachine dicht te zetten, zoodat de in de stoomleiding zich bevindende stoom geheel wordt benut en daar niet condenseeren kan. Het water mag eerst afgeblazen worden, wanneer de ketelspanning beneden 1 atm. gedaald is. Bij onrein voedingswater moet de slib elken dag worden afgeblazen, waartoe men de schafttijden gebruikt, nadat tevoren de ketel is gevoed. Schuimt het water hevig, dan dempt men het vuur, zet de voedingspomp in werking, en laat men in het uiterste geval het overtollige water voorzichtig uit den ketel vloeien.

Het opdragen van nevenwerkzaamheden aan niet ten volle in beslag genomen machinisten en stokers kan alleen bij inrichtingen van niet meer dan 15 tot 20 PK geschieden; bij grootere bedrijven is dit niet raadzaam.

Volgens *Geiger* zal een volwassen stoker niet meer mogen verwerken dan de volgende hoeveelheden in KG per uur:

	Vlak rooster		Schuin of traprooster	Ten Brink vuurhaard.
	hand	mechan.		
1. opwerpen van de kolen, aan- en afvoeren, bediening van de uitrusting:				
bruinkolen en goede kolen . . .	600	900	650	650
Ruhr en Saarkolen	600	900	—	470
Goedk. Beijersche kolen	530	750	480	—
2. opwerpen van de kolen en bediening van de uitrusting:				
Bruinkolen en goede kolen . . .	650	1 000	720	720
Ruhr en Saarkolen	670	1 000	—	520
Goedk. Beijersche kolen	600	—	520	—
3. alleen opwerpen van de kolen:				
Bruinkolen en goede kolen . . .	850	1 400	900	900
Ruhr en Saarkolen	800	1 400	—	600
Goedk. Beijersche kolen	700	—	750	—

Rookgasonderzoek.

Het rookgasonderzoek, waartoe wel meestal een „Orsat"-apparaat gebruikt wordt, dient voor het opsporen van gebreken aan de ketelinstallatie en voor contrôle op het stoken.

In het eerste geval neme men een reeks analyses kort na elkaar, in het tweede geval een verzamelmonster over minstens 4 uren.

De meest gebruikelijke toestellen voor monstername zijn die van *de Ridder* of *Waller*. Zij worden op een goed gekozen plaats dicht bij het midden van de ketelbatterij opgesteld.

Rookgasanalyse. Neemt men aan, dat de zuivere lucht bestaat uit 21 vol. deelen zuurstof en 79 vol.deelen stikstof. Is nu het stikstofgehalte van het gasmengsel N, dan is deze afkomstig van

$$\frac{N \times 100}{79} = x \text{ deelen lucht.}$$

Is het zuurstofgehalte van het gasmengsel O, dan is de hoeveelheid onverbruikte lucht

$$\frac{O \times 100}{21} = y.$$

Voor de verbranding is dan verbruikt $x - y = z$. De verhouding $\frac{x}{x - y} = \frac{x}{z}$ is het luchtquotiënt.

Bestaat de brandstof uit zuivere koolstof, die tot CO_2 verbrandt, dan ondergaat het gasmengsel geen volumeverandering, daar de hoeveelheid zuurstof door eenzelfde hoeveelheid CO_2 vervangen wordt en ook het stikstofgehalte ondergaat geen verandering.

Daar de meeste brandstof niet uit zuivere koolstof bestaat, zal het luchtquotiënt ook verschillen. Kent men dit quotiënt voor een bepaalde brandstof, dan kan men uit het gehalte aan koolzuur der rookgassen de werking der ketelinstallatie nagaan. Alleen bij een onbekende ketelinstallatie is een zuurstofbepaling gewenscht.

Voor de koolzuurbepaling gebruikt men een sterke natron- of kaliloog van 1,20 tot 1,28 s.g.

Stookproeven.

Stookproeven zijn nuttig voor vergelijking bij verschillende ketels, vuurhaarden, brandstoffen, enz. De proef neemt men in het gewone bedrijf. Vooral moet men zich overtuigen, dat de spui- en voedingskranen niet doorlekken.

Men teekent dan de hoogte van het waterpeil in de ketels af en noteert den stand van den watermeter. De watermeters patent *Schmidt* of *Kennedy* zijn de meest betrouwbare, vooral de laatste voor water van zeer hooge temperatuur. Met den tijd van aanvang noteert men elk half uur:

1) de temperatuur van het voedingswater,
2) de aanwijzing van den watermeter,
3) de temperatuur der rookgassen direct vóór het verlaten van den ketel,
4) de temperatuur van de intredende lucht van den rooster,
5) de temperatuur der rookgassen aan den voet van den schoorsteen,
6) de temperatuur in den oven,
7) den trek in den algemeenen rookgang,
8) den stoomdruk, welke zooveel mogelijk constant gehouden wordt,
9) het gewicht van de brandstof bij regelmatige bediening.

De duur moet niet korter dan 7 à 8 uur worden gesteld. Tijdens de proef neme men om het uur verzamelmonsters van de rookgassen voor onderzoek.

De hoeveelheid water (W) in KG, welke per KG brandstof wordt verdampt, vindt men door de hoeveelheid voedingswater in KG door de hoeveelheid verstookte brandstof (B) te deelen.

Het aantal nuttig verbruikte calorieën berekent men uit de formule

$$W (\lambda - t_n)$$

waarin λ de warmtehoeveelheid, noodig om 1 KG water van 0° C. in stoom van $t_1°$ om te zetten of in calorieën $606{,}5 + 0{,}305\, t_1$ en t_0 = de temperatuur van het voedingswater. De hoeveelheid water van 0° C. omgezet in stoom van 100° C. per KG brandstof wordt gevonden uit:

$$\frac{W (\lambda - t_0)}{637}.$$

Stoomketelbemetseling.

Een goed geïsoleerde en ingemetselde ketel mag gedurende den nacht zonder vuur te onderhouden hoogstens een halve atmosfeer in druk verliezen. Bij lagere eindspanning 's avonds moet de ketel zelfs oploopen. Bij goede installatie zal de ketel na vuren dooven 3 dagen stoom moeten kunnen ophouden.

Van veel grooter belang dan een isoleering boven op den ketel onder het metselwerk, van asbest, kurksteen enz., is het de warmte in de vuurgangen te behouden. Dit is te bereiken door het gebruik maken van steenen, welke de warmte absorbeeren en van een isoleering, welke geen warmte voortplant en de doorstraling naar buiten belet. De steenen deelen dan na het dooven der vuren hun veel hoogere temperatuur aan de veel lagere van den ketel mede. Men moet verder het *door*zuigen van koude lucht beletten en de schoorsteenschuif daartoe na het doorbranden der kolen direct sluiten.

Keuze van den stoomdruk en van een stoomketel.

Hoewel bij hooger stoomdruk meer van de expansieve kracht van den stoom kan worden gebruik gemaakt, is een hooge druk duur in onderhoud van den aanleg vooral wanneer het bedrijf geen tijdroovende reparaties kan velen. Het is vooral bij goedkoope brandstof beter niet te ver te gaan ook om kosten aan toezicht te sparen. Suikerfabrieken hebben b.v. geen hooger druk dan 5 atm.

Onrein voedingswater vordert een gemakkelijk en grondig schoon te maken ketel; hoe duurder de brandstof is, hoe meer deze moet worden benut en men doet goed liefst een duurdere ketelsoort aan te schaffen. In ruimten, waar zich menschen ophouden, moeten alleen buizenketels worden opgesteld, waarvan de buiswijdte kleiner is dan 100 mM, of zulke ketelgrootten, waarbij het product van het aan het vuur blootgestelde oppervlak in M^2 en de stoomspanning in atm. kleiner is dan 30, (zie ook de wettelijke bepalingen omtrent het gebruik van stoomketels).

Voor groote stationnaire stoomketelinstallaties van krachtcentrales worden tegenwoordig bijna nog slechts alleen waterpijpketels toegepast, welke het voordeel bezitten van per M^2 met water in aanraking zijnd oppervlak, een klein grondvlak noodig te hebben. Zij vinden hun concurrent alleen in den gecombineerden ketel, bestaande uit onderketel met één, twee of drie binnenvuren en bovenketel met vlampijpen. De stoomproductie van de laatste soort ketel blijft evenwel achter bij die van een evengrooten waterpijpketel, hetgeen aan de mindere grootte van het roosteroppervlak ligt.

Heeft men op een gegeven oogenblik veel stoom op eens noodig, dan is een ketel met groote waterruimte het beste en neme men geen waterpijpketel. Vooral in een onregelmatig bedrijf is een groote waterruimte van den ketel een voordeel. Voor een vrij regelmatig bedrijf is de minimum waterruimte in M^3 te berekenen naar het tiende deel van het verwarmend oppervlak in M^2. Het zuinigst en het best is dan een Cornwall of Lancashire ketel; bij weinig ruimte kan men in dit geval ook een stoombootketel met zoogenaamde terugkeerende vlampijpen nemen, welke dan geheel bekleed wordt met isoleerende stof. Heeft men meer dan 40 M^2 verwarmend oppervlak noodig, dan neme men in plaats van een Cornwallketel liever een Lancashire ketel, daar anders de vuurgang te wijd wordt, hetgeen het bezwaar heeft van het minder gemakkelijk bedienen en het veel lichter dalen van de ketelspanning bij het schoonmaken van den rooster.

Bij een klein wateroppervlak van den ketel kan het percentage water in den stoom zeer groot zijn en wordt in een onregelmatig bedrijf het overkoken bevorderd.

Men betaalt bij Lancashire-ketels algemeen eenzelfde bedrag (vóór den oorlog ± f 72,—) per M^2 verwarmend oppervlak, zoodat men rekening moet houden met de afmetingen van het V.O. en met de vlambuizen.

In het algemeen kieze men een ketel eerder wat te groot dan te klein, vooral met het oog op uitbreiding van het bedrijf. Bij een te kleinen ketel is door het meer stroom willen halen dan normaal de verbranding onvolkomen en het brandstofverlies groot en zal het moeilijk zijn druk te onderhouden.

Schoorsteen en trek bij stoomketels.

Om de voor verbranding noodige lucht door den rooster en de kanalen te halen, kan een schoorsteen of een kunstmatige trekinrichting dienen. Behalve dat hij voldoende lucht voor de verbranding levert, moet de schoorsteen ook weerstand bieden tegen den sterksten storm. Van den benoodigden trek hangt de hoogte van den schoorsteen af, waarbij algemeen op een gassnelheid van ongeveer 3 M in den schoorsteen wordt gerekend.

Berekening van een schoorsteen.

Is a het verwarmend oppervlak in M^2 van een ketel voor steenkoolvuur met een verdamping van 6 KG stoom per M^2 per uur, dan zijn, wanneer per KG kolen c KG stoom wordt verkregen, de benoodigde kolen per uur voor den ketel

$$\frac{a \times b}{c} \text{ KG}$$

Is verder per KG kolen d KG lucht van 0° noodig, dan is totaal benoodigd $\frac{a \times b}{c} \times d$ KG lucht of bij een s.g. der lucht van ongeveer 1,3 KG per M^3:

$$\frac{a \times b \times d}{c \times 1{,}3} \text{ } M^3 \text{ lucht van } 0°.$$

Hebben de rookgassen in den schoorsteen een temperatuur van 200° C. dan is het te verplaatsen aantal M^3 lucht (daar 1 M^3 lucht van 200° C. 0,75 KG weegt) $\frac{1}{0,75}$ of 1,33 maal zooveel. Voor een snelheid van 3 M per secunde wordt dan de kleinste doorsnede van den schoorsteen boven

$$\frac{a \times b \times d}{3 \times 3600 \times c \times 1,3} M^2.$$

De hoogte van den schoorsteen neemt men veelal 15 maal de bovenmiddellijn in M + 10 M of het 25-voudige van den bovendiameter en liefst niet minder dan 20 Meter. De doorsnede laat men ongeveer $^1/_{60}$ van de hoogte naar beneden toenemen. Onderstaande tabel, ontleend aan Imelman ,,Het Stoombedrijf.' Deel II geeft den hoogsten en kleinsten diameter voor verschillende grootten van het V.O. Bij steenkolen is minder trek noodig dan voor kolengruis, maar meer dan voor hout, waar de lucht beter doordringt. De trek, gemeten in mM waterkolom (KG per M^2) bedraagt voor slechte kolen dikwijls nog 30 mM, terwijl 15 tot 20 mM nog voordeelig is voor een steenkolenvuur.

IJzeren schoorsteenen zijn wegens de meerdere warmteafgave der wanden onvoordeeliger dan steenen; zij zijn aan roesten onderhevig en hebben een levensduur van hoogstens 20 jaar.

TABEL.

Grootte van het V.O. van den ketel in M^2	7,5	13	20	25	30	40	60	100	160	200	300
Hoogte v/d schoorsteen in M	15	18	23	25	28	30	32	35	40	43	50
Diameter in M boven	0,4	0,45	0,55	0,60	0,68	0,75	0,90	1,10	1,40	1,55	1,85

Daar de trek van een schoorsteen, behalve ook van den wind, afhankelijk is van de temperatuur der gassen en de temperatuur der buitenlucht, is deze niet steeds gelijk en bij warm weer slechter. Om van deze factoren onafhankelijk te zijn, kan men kunstmatige-trekinrichtingen bezigen, welke zijn te onderscheiden in: *stoomaanjagers*, welke stoom met groote snelheid in den schoorsteen jagen, *onderwindblaasinrichtingen*, welke lucht door middel van een centrifugaalventilator onder door den rooster blazen en *directe mechanische inrichtingen*, waarbij de rookgassen door den centrifugaalgenerator worden weggezogen en in den schoorsteen geblazen.

Het is in Europa gebleken, dat kunstmatige trek even duur is als schoorsteentrek. In de practijk heeft men alleen het voordeel, dat geregeld stoom gehouden kan worden maar van brandstofbezuiniging is geen sprake. Alleen voor groote fabrieken en bij verhoogde capaciteit aan te bevelen.

Stoomleidingen.

De stoomleidingen, welke den ketel met het stoomwerktuig verbinden, kunnen op verschillende wijzen worden ingericht. Zij moeten zorgvuldig worden aangelegd, verpakt en geïsoleerd, waarbij als beginsel is aan te nemen, dat zij steeds schuin afloopen naar de plaats van verbruik, om het condensatiewater te kunnen laten wegloopen of aftappen. Het beste is de stoomtoevoerleiding vertikaal van boven naar beneden te laten loopen om in het laagste punt een waterafscheider te kunnen aanbrengen. Zoowel aan den ketel als aan de machine wordt een afsluiter aangebracht. De waterafscheiders staan met de buitenlucht door middel van een condenspot in verbinding, welke verhindert, dat de stoom naar buiten treedt. De stoomleiding moet kunnen uitzetten, zonder dat breuk kan plaats vinden, hetgeen door het aanbrengen van bochten of bijzondere installaties kan geschieden.

Bij groote installaties eischt de bedrijfszekerheid meerdere leidingen en toestellen. Men heeft hierbij één of twee verzamelleidingen vóór de ketels, waarop de ketelbuizen en die der machines worden aangesloten. Ook heeft men wel ringleidingen. Bij groote inrichtingen zijn twee automatisch sluitende kleppen in de leidingen aan te bevelen.

Als materiaal geeft men tegenwoordig aan smeedijzer en staal de voorkeur, waarbij ook het aantal verbindingen afneemt (tot 7 M lengte der buizen). Boven 15 atm. druk zijn gietijzeren buizen niet toegelaten, terwijl bij hooge stoomspanningen slechts gietstaal gebezigd wordt voor afsluiters, bochten, enz. Ook koperen buizen worden in dit geval gebezigd.

De doorsnede der leidingen wordt bepaald naar de snelheid van den stoom. Daar met toename van de snelheid het drukverlies toeneemt en de afkoeling langs de wanden met kleiner buismiddellijn of grooter snelheid afneemt, is er een grens, waarbij het warmteverlies het geringst is. Voor kleine leidingaanleg is een gemiddelde snelheid aan te nemen; bij stoommachines met verzadigden stoom neme men deze snelheid 30 M per sec., bij oververhitten stoom 45 M per sec. en bij stoomturbines met verzadigden stoom 60 M per sec.

Onderstaande tabel ontleend aan Imelman's werk ,,Het Stoombedrijf''. Deel II, Stoomleidingen geeft de leidingmiddellijnen bij verschillenden stoomdruk, bij verschillend stoomgewicht in KG per uur bij 1 M snelheid per secunde.

TABEL.

Stoomgewicht per uur in KG bij 1 M snelheid per secunde.

Stoomdruk in atm. absoluut	Diameter der leiding in mM.															
	50	60	70	80	90	100	110	125	130	150	175	200	225	250	275	300
7	25,6	36,8	50,1	65,5	82,9	102,3	123,8	159,9	172,9	230,2	305,6	409,3	518,0	639,5	773,8	920,9
8	29,0	41,7	56,8	74,2	94,0	116,0	140,4	181,2	196,0	261,0	355,2	464,1	587,2	725,0	877,2	1044,0
9	32,4	46,6	63,5	83,0	105,0	129,6	156,8	202,5	219,0	291,6	396,9	518,4	656,1	810,0	980,1	1166,4
10	35,8	51,5	70,1	91,6	115,9	143,0	173,1	223,5	241,8	321,9	438,2	572,3	724,3	894,2	1082,0	1287,7
11	39,1	56,3	76,7	100,2	126,8	156,5	189,4	244,5	266,8	352,1	479,2	625,9	788,3	978,0	1183,4	1408,3
12	42,5	61,1	83,2	108,7	137,5	169,8	205,4	265,3	287,0	382,0	520,0	676,2	849,6	1061,2	1284,1	1528,2
13	45,7	65,9	89,9	117,1	148,3	183,3	221,4	285,9	309,3	411,7	560,4	732,0	926,4	1143,8	1383,6	1674,0
14	49,1	70,6	96,1	125,5	158,9	196,2	237,4	306,5	331,6	441,4	600,9	784,8	993,3	1226,2	1483,7	1765,8
15	52,3	75,3	102,6	133,9	169,5	209,2	253,2	326,9	353,6	470,8	640,8	836,9	1059,3	1307,7	1582,4	1883,2

Stoommachines.

Litteratuur.

(Zie ook de litteratuuropgave bij Stoom, Stoomketels en -Leidingen blz. 853)

Nanno A. Imelman.	Het stoombedrijf. Deel III. Stoommachines Æ. E. Kluwer, Deventer.
Ir. D. H. Stigter en Ir. E. Flesseman Jr.	De stoommachine, 3e uitgaaf met beweegbaar model. Æ. E. Kluwer, Deventer, prijs f 2,20.
J. Buchetti.	Les machines à vapeur actuelles.
J. Buchetti.	Les machines à vapeur actuelles. Supplément.
W. Ripper.	Steamengines. Theory and practice.
R. H. Thurston.	A manuel of the steamengine.
	Part. I. History, structure and theory.
	Part. II. Design, construction and operation.
	A handbook of engine- and boiler-trials.
H. Coste et L. Maniquet.	Traité théorique et pratique des machines à vapeur au point de vue de la distribution.
M. Demoulin.	Construction des machines à vapeur fixes et marines.
H. Dubbel.	Entwerfen und Berechnen der Dampfmaschinen. Springer.
H. Haeder.	Die Dampfmaschinen, Dl. III: Steuerungen M. 10.
A. Musil und Ewing.	Grundlagen der Theorie und des Baues der Wärmekraftmaschinen Teubner.
J. Radinger.	Ueber Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit.
C. P. Holst Gz.	Stoomschuif- en schaarbewegingen, bewerkt door een zijner hoorders (Uitgave van Leeghwater).
A. Vosmaer.	Stoomverdeeling door schuiven, kranen en kleppen. Æ. E. Kluwer, Deventer.
W. E. Dalby.	Valve and valvegear mechanisms.
J. Finkel.	Die Achsenregulatoren in der Theorie und Praxis.
C. Leist.	Die Steuerungen der Dampfmaschinen.
W. Lijnen.	Die Berechnung der Zentrifugal-Regulatoren.
P. H. Rosenkranz.	Der Indicator und seine Anwendung.
Dr. Ing. F. Thümmler.	Fliehkraft und Beharrungsregler.
M. Tolle.	Die Regelung der Kraftmaschinen.
G. Zeuner.	Die Schiebersteuerungen.
J. Buchetti.	Guide pour l'essai des machines à vapeur.
J. Brand.	Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle. 1913. Springer, Berlijn.
v. Dwelshauvers-Dery.	Etudes calorimétriques de la machine à vapeur.
J. A. Ewing.	The steam-engine and other heat-engines.
H. Haeder.	Die kranke Dampfmaschine.
S. Pichault.	Appareils de distribution par tiroirs.
A. Polhausen.	Transmissions-Dampfmaschinen. Berechnung, Konstruktion und Anlage.
Max. Schmidt.	Heissdampf-Maschinenanlagen. Springer, Berlijn.
P. H. Willans.	Steam-engine trials.
Hamkens.	Steam-engine troubles: a practical treatise fot the engineer.
Stoomturbines:	
F. Kerdijk.	De stoomturbine, met beweegbaar model Æ. E. Kluwer, Deventer, prijs f 2,50
A. Stodola.	Die Dampfturbinen. Springer, Berlijn.
H. Wagner.	Die Dampfturbinen. Ihre Theorie, Konstruktion und Betrieb. 1904.
A. Jude.	The theory of the steam-turbine.
F. J. Weiss.	Kondensation. Springer, Berlijn.
H. Wilda.	Die Dampfturbine. Sammlung Göschen.

Scheepsstoomwerktuigen.

A. D. F. W. Lichtenbelt. Het Scheepsstoomwerktuig.
Deel I. Stoomketels.
Deel II. Hoofdwerktuig en voortstuwers.
Deel III. Hulp- en bijwerktuigen.
Deel IV. Theoretisch gedeelte.

J. Gaillard. Iets over stoomcondensatie. De Natuur 1913, blz. 247.

A. Achenbach. Die Schiffsschraube, 3 Bände.

Sydney W. Barnaby. Marine propellers.

G. Bauer. Berechnung und Konstruktion der Schiffsmaschinen und Kessel.

L. E. Bertin. Machines marines.

C. Busley. Die Schiffsmachine. Ihre Konstruktion, Wirkungsweise und Bedienung.

M. Demoulin. Construction des machines à vapeur fixes et marines.

W. H. Mann. Recent practice of marine-engineering.

E. Sauvage. La machine à vapeur.

A. E. Seaton. A. manuel of marine-engineering.

Seaton and Roundwaithe. A pocketbook of marine-engineering.

Sennet and Oram. The marine steam-engine.

J. W. Sothern. The marine steam-turbine.

D. W. Taylor. Resistance of ships and screwpropulsions.

H. Wilda. Der Schiffsmaschinenbau. (Naar het werk van L. E. Bertin) 1901.

H. Wilda. Die Schiffsmaschinen. Ihre Berechnung und Konstruktion mit Einschluss der Dampfturbinen. Handbuch und Atlas. 1904—'05.

Werkingswijze der cilinderstoommachine.

De werking van de cilindermachine berust op de voortstuwing van een zuiger door middel van de stoomspanning, welke hooger is dan de atmosferische spanning. Het arbeidsvermogen, dat in den stoom is verzameld, wordt daarbij door het expandeeren van den stoom in arbeid omgezet. De wijze, waarop dit geschiedt, wordt het best voorgesteld door de beide in fig. 1 aangegeven diagrammen, welke behooren bij een machine met en zonder condensatie van den afgewerkten stoom. De ordinaten stellen de spanningen van den stoom (in atmosferen) voor, de abscissen den zuigerslag, welke in 10 gelijke deelen is verdeeld, terwijl links een kleine afstand de schadelijke ruimte van den cilinder voorstelt, d.i. de ruimte, welke tusschen zuiger en cilinderdeksel overblijft bij den uitersten stand van den zuiger.

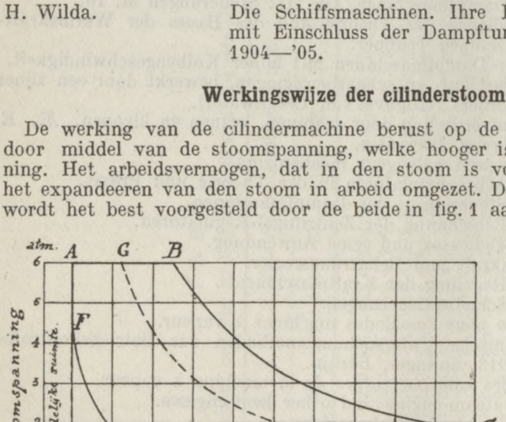


Fig. 1.

In het diagram A B C D E F dat geldt voor een machine zonder condensatie stelt nu AB de toelating voor van den verschen stoom (in ons geval 6 atm.) welke in dit geval gedurende 25% van den slag plaats heeft. In B wordt de toevoer afgesloten en begint de expansie tot aan het einde van den slag in C, waarna de uitlaat wordt geopend (eiegnlijk iets vroeger). Van dezen uitersten stand stroomt de stoom gedurende den teruggaanden slag met iets grootere spanning dan die van de atmosfeer in de buitenlucht uit tot in punt E, waar de uitlaat gesloten wordt. De nog aanwezige stoom in den cilinder wordt daarna gecomprimeerd tot het einde van den slag in punt F, waarna bij het begin van den volgenden uitgaanden slag (eigenlijk iets vroeger) weder versche stoom wordt toegelaten.

De inhoud van de figuur A B C D E F A geeft tevens den arbeid aan, welke bij elken zuigerslag wordt verricht.

Werkt de machine met condensatie, d. w. z. wordt de stoom niet vrij in de buitenlucht afgelaten, maar in een ruimte, waar de spanning kleiner wordt gehouden dan de atmosferische en de temperatuur laag is, dan geldt het diagram AGHKLMA. In dit geval kan, wanneer ongeveer gelijke arbeid moet worden verricht, de toelaat (AG) von den stoom worden verminderd. In de plaats van besparing van stoom (± 40%) moet evenwel arbeid worden verricht voor het onderhouden van het vacuum in de condensatieruimte.

Systemen van stoomcilindermachines.

Eéncilinder-machines worden met en zonder condensatie gebouwd tot 250 PK. Het stoomverbruik is wegens het warmteverlies in den cilinder vrij aanzienlijk en kan worden verminderd ddor het aanbrengen van een stoommantel om den cilinder of door het gebruik van meercilindermachines. *Tweelingmachines* zijn twee éencilindermachines, waaraan de stoom afzonderlijk wordt toegevoerd. De cilinders hebben hierbij een gemeenschappelijke krukas en slechts één vliegwiel; het vermogen is dubbel zoo groot als dat van één cilinder (toepassing bij walswerken en locomotieven). De krukken maken een hoek van 90° met elkaar,waardoor het vliegwiel lichterkanuitvallen.

Meercilinder-machines, waarbij de temperatuurafname over meerdere cilinders wordt verdeeld en daardoor het stoomverbruik minder wordt. De zoogenaamde *compoundmachines* bezitten een receiver, welke den stoom opneemt gedurende den overgang van den eenen in den anderen cilinder. De cilinders worden met verschen stoom verwarmd, ingeval de machine niet met oververhitten stoom werkt. Hoewel de machines meer en meer verbeterd werden en het stoomschuifmechanisme vereenvoudigd werd, blijven zij gecompliceerd en bezitten zij vele aan slijtage onderhevige deelen. Het ideale is, dat elke cilinder evenveel kracht ontwikkelt.

Bij de *Woolfsche machine* stroomt de gebruikte stoom uit den eenen cilinder (hoogdrukcilinder) in den anderen grooteren cilinder (laagdrukcilinder) en van uit dezen in den condensor. De zuigers loopen in dezelfde of in tegengestelde richting, zoodat beide tegelijk aan het einde van den slag zijn.

Bij de *compound-machine*, welke een hoog- en een laagdrukcilinder heeft, maken de krukken met elkaar een hoek van 90°; het effekt is 7/6 maal zoo groot als dat van een *Woolfsche* machine. Zij kan tevens gemakkelijker worden aangezet dan de *Woolfsche* machine en is voor draaiing in beide richtingen bijzonder geschikt. Er moet voldoende koelwater aanwezig zijn. Bij de zg. *tandemmachines* liggen de cilinders achter elkaar, waaraan het nadeel verbonden is, dat de zuigers tegelijk in het doode punt staan en de beweging niet zoo gelijkmatig is. Bij scheepsmachines heeft men de twee cilinders ook wel boven elkaar.

Men bouwt de machines liefst niet grooter dan 600 EPK, waarboven drie cilinders worden verkozen.

De *triple-compoundmachines* met drie cilinders (hoog-, middel- en laagdrukcilinder) op één krukas werkende, worden met voordeel bij een drukking boven 8 atmosferen toegepast. De krukken maken hoeken van 120° met elkaar. De machines worden niettegenstaande de hooge aanschaffingskosten reeds voordeelig bij vermogens van boven 150 IPK.

De normale zuigersnelheden van meercilindermachines zijn:

tot	100 PK	1,5—3,0	Meter	per	sec.
,,	400 ,,	1,9—3,6	,,	,,	,,
,,	1000 ,,	3,0—4,0	,,	,,	,,

Staande machines loopen in het algemeen 25—30% vlugger dan liggende machines. Zij hebben het voordeel van minder plaatsruimte en gelijkmatiger zuigerslijtage, daarentegen het nadeel van meer gecompliceerd en minder overzichtelijk te zijn. In het algemeen hebben de liggende machines ventiel- of klepbeweging en de staande machines expansieschuifbeweging.

Naar de wijze van stoomverdeeling kan men de machines nog onderscheiden in: *Machines met vlakke schuifbeweging*, waarbij de schuiven veelal door excentrieken worden bewogen. Bij een enkele verdeelschuif wordt om kleinere vullingen van den cilinder te verkrijgen of om de machinebeweging omkeerbaar te maken, het excentriek verstelbaar gemaakt, of de schaarbeweging toegepast.

Betere regeling wordt verkregen met grondschuif en expansieschuif w. o. de schuifinrichting van Meijer, welke is voorzien van een verstelbare expansieschuif.

In het algemeen worden de machines toegepast bij kleine bedrijven onder de 20 PK bij matigen stoomdruk en bij grooter vermogen alleen daar, waar het een eenvoudig niet al te wetenschappelijk bedrijf geldt. Verder past men haar toe bij groote snelheden en als omkeerbare machines.

Cilinderschuifmachines of zuigerschuifmachines, waarbij de schuifspiegel cilindervormig is. w. o. de inrichting van Van der Kerchove, worden onder gelijke omstandigheden als boven toegepast. Bovendien vinden zij toepassing bij oververhitten stoom en bij hooge stoomspanning.

Kraanschuifmachines of machines met draaiende schuiven (Corliss-machines) worden toegepast voor vermogens boven de 30—40 PK en waar hooge eischen aan de economie worden gesteld. De stoomspanning is hierbij niet hooger dan 8—9 atm. bij matige omwentelingssnelheden.

Kleppenmachines (Sulzer- en Lentz-machines) worden in gelijke omstandigheden toegepast als de kraanschuifmachines, maar kunnen bij hoogere stoomspanningen en met oververhitten stoom werken. De snelheid dezer machines kan vrij groot zijn.

Gelijkstroommachines (systeem Stumpf) waarbij de in- en uitlaat van den stoom door afzonderlijke organen geschiedt. Doordat de uitlaatopeningen van den stoom in het midden van den cilinder zijn aangebracht blijft de richting van den stoom gelijk. De uitlaatkleppen vervallen hierbij, terwijl de zuiger den uitlaat regelt en bij teruggaanden slag de geringe hoeveelheid stoom, welke aanwezig blijft, comprimeert, waardoor de inlaatruimte minder wordt afgekoeld. Hierbij wordt condensatie van den stoom bij den inlaat vermeden en een besparing in het stoomverbruik verkregen.

Om den tegendruk van den afgevoerden stoom uit den cilinder te verminderen, wordt deze in luchtdicht afgesloten ruimten gecondenseerd, waardoor de tegendruk bijna één atmosfeer kleiner wordt.

De machines worden gebouwd met of zonder condensatie; ook de laatste staan niet ten achter bij compoundmachines. Een door de firma Nering Bögel te Deventer geleverde machine had het volgende resultaat:

Cylinder-diameter	350 mM
Slaglengte	500 ,,
Aantal omwentelingen per minuut	180
Gemidd. belasting	90 IPK
Gemidd. stoomdruk	11,6 KG/cM²
Stoomtemperatuur a/d machine	328° C.
Luchtledig	96 %
Stoomverbruik per uur en per IPK	4,51 KG

De gelijkstroommachine kan met voordeel bij locomobielen worden toegepast, daar het gewicht der machine minder is dan bij wisselstroom.

Machines met condensatie worden toegepast bij economisch aangelegde bedrijven boven de 15 à 20 PK, voor zoover voldoende koelwater (25—30-voudige voedingswaterhoeveelheid) op niet te groote diepte (6 à 7 Meter) voorhanden is.

Machines zonder condensatie vinden toepassing voor kleine vermogens tot 15 PK, ook wanneer de stoom voor verwarming gebezigd wordt en geen koelwater voorhanden is.

Om zooveel mogelijk tegen te gaan, dat condensatie in den stoomcilinder plaats vindt, waardoor de gemiddelde stoomdruk kan verminderen, wordt de stoom in vele gevallen oververhit.

Het stoomverbruik kan daarbij 15 tot 30% geringer uitvallen, daar geen condensatieverlies meer plaats heeft, terwijl de wijdte der stoomleidingen tevens geringer kan worden. De temperatuur van den oververhitten stoom bedraagt bij den cilinder veelal 250—350°, hoogere verhitting dan 350° geeft practische bezwaren (ongelijke warmteuitzetting, slechte smering en groote slijtage van het materiaal). Elke machine, niet speciaal voor oververhitten stoom geconstrueerd, kan met dezen stoom tot een temperatuur van ongeveer 200° werken.

Het bepalen van het vermogen van een stoommachine.

De arbeid, welken de machine werkelijk kan leveren of de effektieve arbeid is kleiner dan die, welke door den stoom in den cilinder verricht wordt (geïndiceerde arbeid) en wel het bedrag, dat noodig is om de schadelijke weerstanden te overwinnen. De

verhouding tusschen effektieven en geïndiceerden arbeid of het mechanisch rendement wisselt bij stoommachines van 70 tot 90% en wel

bij machines onder de 50 PK van 70 tot 75%
van 50 tot . . . . 150 PK van 75 tot 80%
en boven de . . . 150 PK van 80 tot 90%

Wil men het vermogen van een machine berekenen uit de ketelspanning (p in KG per cM^2), de zuigermiddellijn (D in cM), de slaglengte (s in M) en het aantal omwentelingen (n per minuut), dan zou theoretisch de geleverde arbeid in PK moeten zijn

$$W = \frac{\pi D^2 p n s}{4 \times 30 \times 75} = \frac{D^2 p n s}{2\,856} \text{ PK}$$

In werkelijkheid is de arbeid veel geringer en wel is

1. de stoomspanning in den cilinder slechts 0,75—0,90 van de ketelspanning.
2. tengevolge van de expansie van den stoom in den cilinder de gemiddelde spanning veel minder en wel des te minder, hoe kleiner de vullingsgraad is.

Bij een vulling van 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 is de gemiddelde absolute zuigerdruk 0,36 0,53 0,66 0,76 0,84 0,90 0,95 0,98 van de spanning bij ntrede in den cilinder.

De voordeeligste stoomtoelaat of vulling bij éencilinder machines is de volgende:

Vermogen	10 tot 1000 PK	10 tot 50 PK
Stoomspanning in atmosferen	Machines met condensatie	Machines zonder condensatie
5	22 % vulling	45 % vulling
6	15 ,, ,,	28 ,, ,,
7	11 ,, ,,	20 ,, ,,
8	8 ,, ,,	15 ,, ,,

3. werkt op den zuiger steeds een tegendruk, zoodat de gemiddelde druk niet ten volle tot zijn recht komt. Naar gelang van de wijdte en de lengte van de afvoerleiding en de hoogte van het vacuum, bedraagt deze bij machines zonder condensatie 1,1 tot 1,2 atm.; idem met condensatie bij injectiecondensatie 0,2 à 0,3 atm.; bij oppervlakcondensatie 0,15 à 0,2 atm. Bij hoogdrukmachines 1,1 à 1,2 atm. Bij compoundmachines moet het vermogen gerekend worden gelijk te zijn aan dat eener gewone machine met den laagdrukcilinder alleen, waarin dezelfde expansie plaats vindt als de totale mate van expansie bij de compoundmachine, terwijl een einddruk van 0,7 atm. wordt in acht genomen. Is de verhouding van beide cilinders $\frac{i}{I}$ en de stoomtoelaat voor den hoogdrukcilinder T, dan is naar gelang van den gereduceerden stoomtoelaat T_1:

T_1 =	0,15	0,125	0,10	0,08	0,06	
$\frac{i}{I}$ =	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	
T =	0,27	0,25	0,22	0,20	0,17	en bij een
stoomspanning van	4	5	6	7,5	10	atm.

Om de grootte van den *geïndiceerden arbeid* te bepalen wordt de indicateur gebezigd, welke een grafisch beeld geeft (zie fig. 1) van het verloop van den arbeid van den stoom in den cilinder (*indicateurdiagram*) en waaruit tevens de werking van de stoomverdeelingsorganen te beoordeelen is.

Kan de gemiddelde zuigerdruk p niet door middel van een indicateurdiagram worden verkregen, dan zijn voor globale bepalingen de volgende waarden voldoende nauwkeurig; het hoogst bereikbare vermogen is naar gelang van de mogelijke vermeerdering der vulling 35 tot 50% hooger:

a. Eéncilindermachines zonder condensatie bij 7 atm. intreespanning en 15% vulling en p ongeveer 2,4 KG/cM^2

$$W = \frac{D^2 n s}{1\,500} \text{ PK.}$$

b. Eéncilindermachines met condensatie bij 7 atm. intreespanning, 10% vulling en p ongeveer 2,6 KG/cM²

$$W = \frac{D^2 n s}{1\,400} \text{ PK.}$$

c. Tweevoudige expansiemachines met condensatie bij 8 atm. intreespanning, 8% vulling en p ongeveer 2,25 KG/cM²

$$W = \frac{D^2 n s}{1\,600} \text{ PK.}$$

d. Drievoudige expansiemachines met condensatie bij 10 atm. intreespanning, 6% vulling en p ongeveer 2,1 KG/cM²

$$W = \frac{D^2 n s}{1\,700} \text{ PK.}$$

Hierin is D de cilindermiddellijn (bij compoundmachines de laagdrukcilinder) in cM, s de slaglengte in M en n het aantal omwentelingen per minuut.

De werkelijk geleverde of *effektieve arbeid* kan bij kleine vermogens direct worden bepaald met behulp van den *dynamometer.* Bij groote machines is deze bepaling vrij lastig en boven zekere grootte onmogelijk. Men kan dan met voldoende nauwkeurigheid den effektieven arbeid uit de indicateurdiagrammen berekenen, waarbij rekening moet gehouden worden met het diagram bij leegloop. Het gemakkelijkst is het vermogen te bepalen van machines, die dynamo's drijven, daar uit den electrischen stroom de arbeid te bepalen is, waarbij eventueel 3 tot 5% verlies voor riemoverbrenging te rekenen valt.

Dynamometers.

De *rem* of *vang van Prony* is de eenvoudigste dynamometer en kan voor het onderzoek van kleine machines worden gebezigd (fig. 2). De remblokken a worden door de schroeven b zoover aangedraaid, tot bij zekere belasting G van den hefboomsarm, deze in evenwicht blijft. Bok c en touw d dienen om het omslaan van den hefboom te verhoeden. Is l de afstand in meter van het middelpunt van de as tot het ophangpunt (hefboomsarm), n het aantal omwentelingen per minuut van de machine, dan is het aantal geleverde PK:

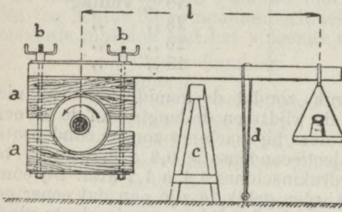


Fig. 2.

$$\frac{2 \pi l n G}{60 \times 75} = \frac{l n G}{716{,}2}$$

De bepaling geschiedt het gemakkelijkst, wanneer men bij de beproeving de lengte l van den arm gelijk aan 716 mM maakt; men vermenigvuldigt dan slechts het omwentelingsgetal met de belasting en krijgt het aantal PK door het resultaat door 1000 te deelen.

De *bandrem* berust op hetzelfde beginsel als de Prony'sche rem; de hefboomsarm wordt hier vertegenwoordigd door den straal van het vliegwiel (fig. 3). Het eene einde van een in petroleum gedrenkt stuk drijfriem, snaar of iets dergelijks wordt met een krachtmeter W vast bevestigd en 't andere einde zoolang belast, totdat 't normale omwentelingsgetal van de machine bereikt is. Men krijgt de netto-belasting, wanneer men de door den krachtmeter aangegeven last g van het gewicht G aftrekt.

Is de middellijn van het rad l, dan is de remarbeid

$$\frac{l\,n\,(G-g)}{716} \text{ PK.}$$

De bandremdynamometer is bijzonder geschikt voor doorloopend onderzoek, daar hij weinig heet loopt.

De *Hefner-Alteneckscher dynamometer* is geschikter om de benoodigde kracht van arbeidsmachines te bepalen. Hij kan tusschen de drijfriemen worden ingeschakeld en uit het spanningsverschil van beide en de snelheid, kan de voor het werktuig benoodigde kracht berekend worden.

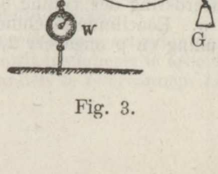


Fig. 3.

Bedrijfskosten van stoommachines.

De bedrijfskosten zijn afhankelijk van de productiekosten van den stoom, het stoomverbruik en de aanleg- en onderhoudskosten van de machine. Is

K de prijs van 100 KG kolen vrij in het ketelhuis gld,
b de theoretische verdampingswaarde van de kolen,
a de werkingsgraad van den ketel in pct.,
A het aanlegkapitaal in gld. voor den compl. ketel, incl. voedingspompen, vracht, montage, muurwerk, ketelhuis en schoorsteen, enz., zonder de leidingen en het gebouw, waarvoor 5% rente en 10% afschrijving en onderhoud te rekenen is,
c het aantal volle bedrijfsdagen van 24 uren in het jaar,
d het aantal rustdagen bij kouden ketel,
D de dagelijksche hoeveelheid geproduceerde stoom in KG,
k de voor het aanmaken benoodigde kolenhoeveelheid in KG,

dan zijn de *totaalkosten voor* 100 *KG stoom*, wanneer voor wacht en smeermiddelen 0,01 gld. gesteld wordt:

$$\frac{100\ K}{a\,b} + \frac{15\ A}{c\,D} + \frac{K\,k}{D}\left(\frac{365-d}{c} - 1\right) + 0{,}01 \text{ gld.}$$

Worden de productiekosten van den stoom gemiddeld op *f* 0,15 aangenomen, zooals vóór den oorlog, dan krijgt men voor verschillende machines ongeveer de volgende gegevens bij volle belasting:

Machine	Totale bedrijfskosten voor 1 EPK uur
Eéncilinder zonder condensatie tot 5 EPK	4,95 cent.
van 5— 10	4,57
10— 20	4,18
20— 40	3,79
40— 70	3,43
70—110	3,08
110—150	2,75
id. met condensatie tot 30 EPK	2,66
van 30— 60	2,48
60—100	2,29
100—150	2,11
150—200	1,93

Compoundmachines met condensatie van 50 tot 500 PK 1,9 tot 1,3 cent.

Het stoomverbruik van stoommachines.

Het stoomverbruik van een machine is behalve van de soort ook afhankelijk van de spanning en de temperatuur van den verschenstoom, van den vullingsgraad, het vacuum en de stoomverliezen door neerslag en smoren. Hoe hooger de stoomspanning bij intrede in den cilinder en hoe kleiner de vullingsgraad van den hoogdrukcilinder is, hoe kleiner in het algemeen het verbruik. Er bestaat evenwel voor elke machine een zekere vullingsgraad bij zekere stoomspanning, waarboven of beneden het stoomverbruik per KG toeneemt.

Het verbruik is bij snelloopende machines grooter. Bij condensatie wordt 25—30% besparing verkregen.

Goede machines hebben tegenwoordig volgens *Schröter* het volgende verbruik in KG per IPK:

Eencylindermachines:

Indicateur PK	Zonder Condensatie						Met condensatie			
	Met mantel			Zonder mantel			Met mantel		Zonder mantel	
	Keteldruk atm.			Keteldruk atm.			Keteldruk atm.		Keteldruk atm.	
	6	8	10	6	8	1	6	8	6	8
10	15,7 tot 13,7	14,2 tot 12,2	13,4 tot 11,4	17,0 tot 15,2	15,9 tot 14,1	15,3 tot 13,5	12,5 tot 10,5	12,0 tot 10,1	14,1 tot 12,2	14,0 tot 12,2
50	13,8 tot 12,5	12,3 tot 11,1	11,4 tot 10,2	15,0 tot 13,9	13,8 tot 12,7	13,1 tot 12,1	10,5 tot 9,3	10,1 tot 8.9	12,0 tot 10,9	11,9 tot 10,8
250	12,4 tot 11,4	11,0 tot 10,0	10,1 tot 9,2	13,5 tot 12,8	12,4 tot 11,7	11,9 tot 11,1	9,2 tot 3,8	8,8 tot 7,9	10,6 tot 9,8	10,5 tot 9,7

Tweecylindermachines:

Indicateur PK	Zonder condensatie			Met condensatie	
	Keteldruk atm.			Keteldruk atm.	
	8	10	12	8	10
50	11,4 tot 10,7	10,3 tot 9,5	9,6 tot 8,9	7,4 tot 7,3	7,4 tot 6,9
250	10,6 tot 10,1	9,5 tot 8,9	8,9 tot 8,3	7,6 tot 7,0	6,5 tot 6,3
1000	—	—	—	6,6 tot 6,4	6,2 tot 6,0

Driecylindermachines:

Indicateur PK	Met condensatie		
	Keteldruk atm.		
	8	10	12
250	6,1 tot 5,0	5,8 tot 5,6	5,5 tot 5,3
1 000	5,9 tot 5,8	6,6 tot 5,5	5,2 tot 5,1

Bij gelijkstroommachines is het verbruik ongeveer 10% minder en bij het gebruik van oververhitten stoom van ± 300° C. bij compoundwerktuigen ongeveer 20% en bij triple-expansiemachines ongeveer 15% minder.

Verbruik van smeerolie en poetsmateriaal.

Nauwkeurige algemeene opgaven zijn hieromtrent niet te geven, daar het verbruik van allerlei factoren afhankelijk is, vooral wanneer de olie wordt afgescheiden om weder te worden gebruikt. Machines met schuifbeweging verbruiken 10—15% meer

olie dan kleppenmachines van gelijk vermogen, evenzoo snelloopende machines meer dan langzaam loopende. Het gebruik van oververhitten stoom vergt meer olie, terwijl het verder een verschil maakt of de machine liggend of staand is.

Het cilinderolieverbruik van een compound-machine van 150 PK bij een keteldruk van 7 atmosferen is aan te nemen op 1,5 à 2 Liter per dag van 10 uren.

Het grootste olieverbruik komt voor rekening van den cilinder, welke tevens de duurste olie vordert. Van de totale kosten valt ongeveer 1/15—1/20 gedeelte op het met machineolie gesmeerde drijfwerk.

Onderstaande tabel geeft voor normale bedrijven de gemiddelde onkosten aan smeermidelen en poetsstoffen, waarbij gerekend is, dat de laatste na uitwassching weder gebruikt worden.

Machine	Eéncilinder zonder cond.			Eéncilinder met condens.			Tweevoud. expansie			Drievoudige expansie			
Vermogen PK	10	30	50	50	100	150	100	200	300	400	500	600	800	1 000
Kosten bij 11- tot 12-urig bedrijf gld.	0,25	0,45	0,75	0,80	1,10	1,35	1,20	1,65	2,10	2,55	2,70	3,30	3,90	4,50

Prijzen (vóór den oorlog) van, en benoodigde ruimte voor, stoommachines.

Eéncylindermachines zonder condensatie (liggende):

Effectief vermogen in PK van de machine bij 6 tot 9 atm. overdruk in den ketel	Afmetingen Lengte M	Afmetingen Breedte M	Gewicht ongeveer KG	Prijs van de machine compleet met smeerapparaten enz. Gld.
10,5—13,5	3,6	2,4	2 000	1 500
17—23	4,0	2,8	2 500	1 800
24—31	5,	3,2	3 300	2 000
37—49	5,5	3,6	5 500	3 800
53—68	5,7	4,0	7 700	4 500
75—96	8,0	4,6	8 500	5 200
116—148	11,0	5,5	13 000	7 000
190—243	14,0	6,5	20 000	8 500

Idem, met condensatie (direct na den cilinder):

Effectief vermogen in PK van de machine bij 6—8 atm. overdruk in den ketel	Afmetingen Lengte M	Afmetingen Breedte M	Gewicht ongeveer KG	Prijs van de machine compleet Gld.
20	5,2	3,1	4 000	3 000
30	6,4	3,6	6 000	3 300
50	7,7	4,0	9 000	4 800
70	9,1	4,6	12 000	5 400
100	12,3	5,5	17 000	7 800
175	15,4	6,5	23,000	10 000

Compoundmachines met condensatie voor verzadigden of oververhitten stoom:

Effectief vermogen in PK van de machine bij 6—9 atm. overdruk in den ketel.	Afmetingen Lengte M	Afmetingen Breedte M	Gewicht ongeveer KG	Prijs van de machine compleet Gld.
60—100	6,4	5,5	12,500	7 000
70—120	7,7	5,7	14 500	8 000
100—160	9,1	6,0	22 000	11 000
120—200	12,3	6,3	24 000	12 500
160—270	15,4	6,8	33 000	15 000

Locomobielen.

Locomobielen tot een grootte van 10 PK hebben meestal enkel schuifbeweging met smoorklepregeling. Grootere machines hebben dubbelschuifbeweging en nog grootere tot 600 PK zuigerschuif of kleppenbeweging.

Stoom- en kolenverbruik van locomobielen.

Locomobielen met	Vermogen in EPK	Stoomdruk atm.	Hoeveelheid stoom per EPK-uur KG	Kolenverbruik per EPK-uur bij 8-voudige verdamping KG
Eéncilinder-expansie-schuifbeweging	20	10	14,5	1,8
	50	10	12,5	1,6
Hoogdruk-over-verhitten stoom	10	10—12	10	1,25
	15	10—12	9,7	1,21
	20	10—12	9,3	1,16
	30	10—12	9,0	1,12
	40	10—12	8,8	1,10
	100	10—12	5,0	0,60
	150	10—12	4,5	0,55

De moderne locomobielen van R. Wolf te Magdeburg—Buckau en Heinrich Lanz te Mannheim munten uit door zuinig kolen- en stoomverbruik. Een proefneming in 1908 met een Wolf'sche compoundlocomobiel van 100 PK, voorzien van zuigerschuiven en werkende met oververhitten stoom, welke bij intrede in den hoogdrukcilinder een temperatuur van 330° C. bezat, gaf een stoomverbruik van 3,93 KG en een kolenverbruik van 0,473 KG per EPK-uur, terwijl het mechanisch nuttig effect der machine 92,5% bedroeg. De verbrandingswaarde der kolen was hierbij op 7700 WE aangenomen.

Een proefneming in 1909 door Prof. Dijxhoorn (zie Ingenieur 1910) verricht met een locomobiel van H. Lanz van 100 PK, voorzien van Lentz kleppenstoomverdeeling en werkende met oververhitten stoom, gaf de volgende resultaten:

Stoomketel en oververhitter:
1 KG kolen leverde . . . . 8,31 KG oververhitten stoom.
Verbrandingswaarde der kolen . . . . . . 7 793 calorieën.
Gem. overdruk in den ketel . . . . 12,3 KG/cM².
Temperatuur van den stoom vóór en voorbij den oververhitter . . . . 193,°3 en 409,°9 C.
Tenperatuur voedingswater vóór en voorbij den voorwarmer . . . . 16,°3 en 35,°1 C.
Nuttig effekt van ketel met oververhitter . . 0,800
Verstookte kolen per M² RO en per uur . . . 172,8 KG.
Warmteverlies:
door den schoorsteen . . . . 17,2 %
onverbrande brandstof . . . . 1,2 ,,
Nuttige warmte voor stoomvorming . . . . 80,— ,,
Blijft verlies door uitstraling, enz. . . . . . 1,6 ,,
Stoomwerktuig:
Indicateurvermogen . . . . 128,1 IPK.
Calorisch effekt van de machine 0,225
Effectief vermogen . . . . 118,3 EPK.
Mechanisch nuttig effekt 0,923
Kolenverbruik per IPK per uur . . . . 0,452 KG
,, ,, EPK ,, ,, ... 0,489 ,,
Stoomverbruik per IPK per uur . . . . 3,758 ,,
,, ,, EPK ,, ,, ... 4,069 ,,
Het totale nuttige effekt van de locomobiel bedroeg 0,166

Prijzen en gewichten van locomobielen vóór den oorlog.

1. Verplaatsbare locomobielen:

Paardekracht	11	12	13	15	17	20	25
Gewicht in KG	4 500	5 000	5 500	5 750	6 000	6 500	7 000
Prijs in gld	2 300	3 000	3 300	3 600	3 900	4 100	4 200

2. Hoogdruklocobielen met oververhitten stoom:

PK	12	15	20	25	30	40	50	100
Gewicht in KG . . .	3 300	3 700	5 000	6 000	8 500	12 000	14 000	20 000
Prijs in gld	3 120	3 480	4 020	4 500	5 500	6 600	7 500	14 000

Met traprooster in plaats van vlakrooster kosten de kleinere locomobielen ongeveer 10%, de grootere 5% meer.

Locomobielen van Ruston, Proctor & C°, Lincoln, voor hout en steenkool als brandstof en met ronde vuurkist.

Nr.	Eff. PK	Gewicht KG	Uitwendige afmetingen Lengte	Breedte	Hoogte
3	7	2 700	9′0″	5′1″	5′5″
3½	9	2 950	9′3″	5′1″	5′8″
4	10½	3 100	9′9″	5′1″	5′8″
5	12	3 950	10′4″	5′9″	6′2″
6	15	4 350	11′3″	5′9″	6′4″
7	18	4 900	11′7″	6′0″	7′0″
8	21	5 450	12′7″	6′0″	7′0″
10	24	6 200	13′4″	6′3″	7′0″
12	32	7 050	14′3″	6′8″	7′0″

Stoomturbines.

Bij de turbines wordt het arbeidsvermogen van den stoom benut, welke bij strooming uit een aanvoerbuis of straalpijp de schoepen van één of meer kransen van op eenzelfde as bevestigde raderen of schijven treft, die hierdoor in snel ronddraaiende beweging worden gebracht (actie-turbines).

De spanning en dientengevolge de snelheid van den stoom is van grooten invloed op de beweging en bepaalt het aantal omwentelingen der schijven, waarvan de omtrekssnelheid theoretisch het gunstigt de helft en practisch ongeveer het derde gedeelte van de stoomsnelheid bedraagt. Om het aantal omwentelingen te verminderen en de turbine meer aan de practijk dienstbaar te maken, heeft men de snelheid, zoowel als de spanning in gedeelten (trappen) benut. De verdeeling in druktrappen is oorspronkelijk door Parsons, die in snelheidstrappen door Curtis toegepast. Tegenwoordig zijn bijna alle turbines in combinatie van beide beginsels uitgevoerd. Men onderscheidt nu hoofdzakelijk:

A. *Gelijkdruk-turbines*, waarbij de stoom ontspant, voordat hij de schoepen treft en waarbij de turbine door de snelheid werkt, welke de stoom tengevolge van de ontspanning verkrijgt.

B. *Overdruk-turbines*, waarbij de stoom in de schoepen (leidschoepen) ontspant en zich hierin onder een zekeren druk bevindt, welke op den wand der schoep werkt (Parsons-turbine).

De voordeelen van turbines boven stoomzuigermachines zijn de volgende:

1. Regelmatige gang.
2. Afwezigheid van stooten en trillingen, wegens afwezigheid van heen en weer gaande deelen.
3. Geringe plaatsruimte.
4. Gemakkelijke opstelling. Men plaatst tegenwoordig de grootste turbines los op de fundatieplaat.
5. Olievrij voedingswater voor de ketels en daardoor olievrije stoom, geschikt voor verwarmings-en andere doeleinden.
6. Groote omwentelingssnelheid en daardoor gunstig voor dynamobedrijf.
7. Gemakkelijke bediening.
8. Groote bedrijfszekerheid.
9. Groote overbelastingscapaciteit.
10. Besparing aan olie en pakkingsmateriaal.

Hiertegenover staan de volgende nadeelen:

1. Een weinig grooter stoomverbruik.
2. Groote condensatie-inrichtingen zijn noodig.
3. Onvoordeelig voor sterk wisselende omwentelingssnelheden, hetgeen van belang is b.v. voor de scheepvaart.
4. Omkeerbare beweging is tot nu toe nog onvolmaakt en alleen door koppeling aan afzonderlijke turbines of raderen te verkrijgen.

Turbinetypen.

Men heeft *axiaal*turbines, waarbij de stoom in de richting van de turbineas door de loopraderen stroomt, en *radiaal*turbines met de strooming in de richting van den straal van het rad. De eerste uitvoeringswijze komt het meest voor.

De *Lavalturbine* is een gelijkdrukturbine, waarbij de stoom door de toevoerbuizen gaande, expandeert en daardoor met groote snelheid op een enkele turbineschijf werkt, die haar snel omwentelende beweging door middel van tandraderen op een tweede, het eigenlijke drijfrad overbrengt.

De hooge eischen, waraan het materiaal bij de groote omwentelingssnelheden moet voldoen, de groote wrijvingsverliezen bij toepassing van kleinere omwentelingssnelheden en de tandoverbrenging zijn oorzaak, dat de toepassing van de turbine begrensd wordt bij 200 PK. Het stoomverbruik is ongeveer 7 KG per PK.

De *Riedler-Stumpf-turbine* is een van hetzelfde type, waarbij het wrijvingsverlies bij de schoepen en tevens het omwentelingsgetal door toepassing van groote raderen verminderd is.

De *turbine van de Allgemeine Electricitätsgesellschaft*(A. E. G. Turbine) is een gelijkdruk (vrijstraal) turbine ongeveer naar het Curtis beginsel gebouwd, waarbij de expansie van den stoom, dus ook de snelheid, in gedeelten wordt benut (snelheidstrappen). Bij het uittreden van de toevoerbuis (straalpijp) behoudt de stoomstraal zijn samenhangenden vorm, doorstroomt de radiaal geplaatste leidschoepen van het rad, verandert dan door de leidschoepen van een vaststaanden schoepenkrans van richting, om daarna een tweeden schoepenkrans van hetzelfde rad te doorloopen. Men heeft hier dus twee snelheidstrappen. De turbines van 1500 tot 2000 PK, welke met 3000 omwentelingen werken, verbruiken het geheele drukverschil van 14 atmosferen bij 300° temperatuur van den stoom tot het vacuum in twee druktrappen, zoodat zij twee kamers hebben, in elk waarvan een tweekransig schoepenrad loopt. Met elk dezer druktrappen worden dus tevens twee snelheidstrappen gevormd. Geringer omwentelingssnelheid kan worden verkregen door de raderen of het aantal schoepenkransen (snelheidstrappen) grooter te nemen of het drukverval over grooter aantal druktrappen te verdeelen.

Bedrijfsresultaten van A. E. G. turbines:

Stoomverbruik van een 3000 KW turbo-dynamo van de A. E. G. bij 12 atm. druk (1907):

bij stoom van 350° C.	5,5 KG per KW-uur.
300° C.	6,0 ,, ,, ,, ,,
drogen dtoom	7,0 ,, ,, ,, ,,
verzadigden stoom	7,2 ,, ,, ,, ,,

Turbo-dynamo's van de Gemeente-Electriciteitswerken te Nijmegen (1912):

vermogen	500 KW	2250 KW
keteldruk 12 atmosfeer		
temperatuur v. d. oververhitten stoom	320° C.	320° C.
vacuum	96 %	96 %
stoomverbruik per KW-uur bij volbelasting	8,5 KG	6,02 KG
,, halve ,, ...	10,— ,,	6,52 KG
,, 24 uur bedrijf der centrale .	9,5 ,,	
kolenverbruik idem bij 7-voudige verdamping	1,35 ,,	

De *Parsons-turbine* is een overdrukturbine, waarbij de stoom gaat door een groote rij achter elkaar geschakelde loop- en leidschoepenkransen, die elkaar geregeld opvolgen. De stoom, die evenwijdig aan de as van den turbine-cilinder wordt aangevoerd, treft de volle schijven. Door de convergeerende leidschoepen wordt de snelheid van den stoom, welke tengevolge harer werking op de loopschoepen was verminderd, weder tot haar oorspronkelijke grootte teruggebracht, zoodat de afgave van het arbeidsvermogen alleen met een spanningsverlies gepaard gaat. Het aantal paren loop- en

leidschoepen beteekent dus even zoovele druktrappen, met de grootte waarvan de gemiddelde snelheid ook geringer wordt en het omwentelingsgetal tevens kan worden gereduceerd.

Bedrijfsresultaten van Parsons-turbo-generatoren (1907)

vermogen	300[1])	900[2])	1 500[3])	3 200[4])	eff. KW
	450	1 350	2 250	5 000	„ PK.
stoomspanning	10	10	10,5	11	atm. overdruk.
temperatuur van den stoom.	verzadigd	250	250	300	gr. C.
vacuum	92	93	91	90 %	
stoomverbruik per eff. KW-uur					
bij volbelasting	10,75	7,8	7,72	6,7	KG
¾ belasting	11,3	8,2	—	7,09	,,
½ ,, ...	12,6	9,6	9,3	7,4	,,
idem per IPK-uur . . .	6,4	4,6	4,7	4,1	,,

De *Ljungström-Turbine*, gebouwd door de Svenska Turbinfabriks Aktiebolaget Ljungström te Finspong is een radiale turbine, als reactieturbine geconstrueerd en waarbij de leischoepen eveneens als werkschoepen dienst doen en tegengesteld roteeren.

Het stoomcijfer van een in 1914 opgestelde turbine van 1000 KW was 5,8 KG stoom per KWU.

Condensors.

De hoeveelheid warmte, die 1 KG afgewerkte stoom in den condensor brengt, kan men in het algemeen op 600 WE schatten. Zij is des te grooter, hoe droger de stoom en hoe hooger de temperatuur daarvan is.

Om den arbeid te bepalen, welke vereischt wordt voor het onderhouden van het vacuum in een condensor, moet men nagaan, hoeveel water (condensaat en injectiewater) en lucht moet worden weggepompt. Daarvoor moet de spanning van den stoom aan het einde van de expansieperiode in den cilinder bekend zijn. Neemt men aan, dat deze stoom droog is gebleven (hetgeen in werkelijkheid niet het geval zal zijn), dan weet men voor dezen verzadigden stoom de bij de spanning behoorende temperatuur t_s en de daarbij behoorende verdampingswarmte w_s. Is nu per KG teocndenseeren stoom k KG koelwater van een begintemperatuur van t_w noodig, dan zal om het mengsel van condensaat en verwarmd koelwater met 35° C. den condensor te doen verlaten, k te bepalen zijn uit de vergelijking

$$w_s + (t_s - 35) = k\,(35 - t_w).$$

Verbruikt de machine per uur S KG stoom, dan zullen dus per uur k.S KG koelwater en S KG gecondenseerde stoom moeten worden weggepompt. De hoeveelheid lucht l, welke per tijdseenheid uit den condensor moet worden verwijderd, is slechts empirisch te bepalen (formule van *Weiss*), terwijl de spanning dezer lucht in den condensor, welke tot de atmosferische moet worden gecomprimeerd, kan worden bepaald als volgt: Neemt men aan, dat in den condensor een vacuum wordt onderhouden overeenkomende met een spanning van P_v KG/cM² dan is,daar de spanning van verzadigden waterdamp bij 35° C. 0,057 KG/cM² bedraagt, de spanning van de lucht

$$P_v - 0{,}057 \text{ KG/cM}^2.$$

Voor het isothermisch comprimeeren van deze lucht op atmosferische spanning is een arbeid noodig van

$$10\,330 \times l \times \text{nep.log.} \frac{1}{P_v - 0{,}057} \text{ KGM.}$$

waarvoor noodig is een vermogen van

$$\frac{10\,330}{60 \times 75} \times l \times \text{nep. log.} \frac{1}{P_v - 0{,}057} \text{ PK.}$$

Voor het wegpompen van $kS + S = S\,(k + 1)$ KG water per uur tegen een weerstandshoogte h in, is een vermogen noodig van

$$\frac{S\,(k + 1) \times h}{60 \times 60 \times 75} \text{ PK.}$$

---

[1]) Turbine van de Noord-Duitsche Lloyd te Bremershaven.
[2]) ,, ,, ,, Bergwerksgesellschaft Dahlbusch.
[3]) ,, ,, ,, Aktiengesellschaft ,,Alta-Italia'' te Turijn.
[4]) ,, ,, ,, stedelijke Centrale te Frankfurt a. M.

Volgens proefnemingen van *Kiessel—Bach* bedraagt het voor de luchtpomp benoodigde vermogen ongeveer 0,6 tot 2% van het machinevermogen of normaal ongeveer 1%.

Mengcondensor (injectie- of spuitcondensor). Het water treedt tengevolge van het vacuum door sproeiers of overloopen in den condensor. De benoodigde hoeveelheid koelwater is gemiddeld 20 tot 30 KG stoom. De condensatieprodukten worden met z.g. natte luchtpompen weggezogen, zelden, zooals bij tegenstroomcondensatie, gescheiden van elkaar, afgevoerd.

Oppervlakcondensor. Deze wordt voornamelijk bij scheepsmachines gebezigd. De afgewerkte stoom en het koelwater worden hierbij gescheiden. Het afkoelende oppervlak wordt gevormd door een stelsel van buizen, waardoor het koelwater stroomt. De benoodigde hoeveelheid koelwater is 40 tot 50 KG per KG toegevoerden stoom, waarbij het afkoelingsoppervlak ongeveer van 0,02 tot 0,03 M² per KG stoom per uur bedraagt. Het koelwater wordt veelal door centrifugaalpompen (circulatiepompen) aangevoerd en de gecondenseerde stoom door een luchtpomp naar den ketel teruggevoerd. Het condensatiewater moet worden vrijgemaakt van olie.

Straalcondensor (o. a. van Körting). Een koude waterstraal van minstens 20 M snelheid treedt in het mengvat van een waterstraaltoestel, waar hij den binnentredenden stoom condenseert en alle condensatie-produkten medeneemt, waarbij tevens een vacuum ontstaat.

Bij den *ejector- of straal-condensor van Leblanc* wordt het water door een draaiend schoepenrad met groote snelheid in een trechter geslingerd, om daarna door 2 nauwer wordende buizen te stroomen. Een innige aanraking met stoom en lucht wordt verkregen, terwijl het luchtledig tot 95% kan bedragen.

Terugkoelers hebben het doel het condensatiewater af te koelen om het weder te kunnen aanwenden en zijn doelmatig, wanneer het water duur of in geringe hoeveelheden te bekomen is. Men heeft ze in den vorm van

1. *Open gradeerwerken*, bestaande uit lange rijs- of latwerken ter hoogte van 8 à 10 Meter. Voor 1 PK is ongeveer 0,30 tot 0,15 M² koelvlak noodig.

2. *Gesloten gradeerwerken*, waarbij loodrechte of zwak hellende vlakken van hout of plaatijzer het water opvangen. De natuurlijke ventilatie, soms door ventilatoren versterkt, zorgt voor de afkoeling door verdamping. Bij goede koeling is slechts een gering oppervlak noodig.

3. *Torens* waarin het water van 10 tot 12 Meter hoogte door boven elkaar liggende zeven valt en wordt afgekoeld.

4. *Sproeiers*, waarbij het water in stofvorm verspreid wordt en in verzamelbassins wordt opgevangen. De waterdruk, hierbij benoodigd, is ongeveer 1 tot 1,5 atmosfeer en wordt door perspompen verkregen.

Nuttig effect van stoommachines.

Neemt men aan, dat een stoommachine per uur minstens 3,6 KG stoom per I.P.K. of bij een mechanisch rendement van 90% minstens $\frac{10}{9} \times 3{,}6 = 4{,}00$ KG verbruikt, dan levert bij 9-voudige verdamping van den ketelaanleg 1 KG kolen

$$\frac{9}{4{,}00} = 2{,}25 \text{ E.P.K. per uur.}$$

Daar de verbrandingswaarde van 1 KG kolen hoogstens op 7 800 calorieën kan worden gesteld, is dus het nuttig effect der stoommachine (bij een mechanisch equivalent van 424) hoogstens

$$\frac{2{,}25 \times 75 \times 60 \times 60}{424 \times 7\,800} = 0{,}184$$

of hoogstens 18½ %.

Keuze van een stoommachine.

Voor normale bedrijfsmachines zal steeds het stoomverbruik bij de keuze van een stoommachine van belang zijn, waarbij tevens rekening is te houden met de kosten der brandstoffen, de grootte van het bedrijf en de beschikbare plaatsruimte. De voornaamste eigenschappen van de verschillende soorten van machines werden reeds gedeeltelijk besproken. In het algemeen zal bij grootere vermogens het bedrijf economischer zijn, wanneer de stoom zooveel mogelijk wordt benut en de warmteverliezen

zoo gering mogelijk zijn. In het algemeen zijn voor kleine hoogedrukmachines van ongeveer 5 PK, machines met hoefijzerframe aan te bevelen d.w.z. met beide lagers als één stuk aan het frame en met de krukas in het midden. Zij zijn gemakkelijk te monteeren en eenvoudig in de bediening. Heeft men een vermogen van ongeveer 10 PK noodig, dan is in het algemeen aan een locomobiel de voorkeur te geven boven een aparte machine met ketel, daar voor zulk een kleine kracht het maken van een machinekamer met ketelhuis niet loonend is. Tot een vermogen van ongeveer 40 PK zijn de ééncilindermachines met condensatie nog voordeelig in gebruik.

Boven de 40 à 50 PK vermogen worden de zooveel duurdere *compoundmachines* voordeeliger en vinden deze ook toepassing, waar een gelijkmatige gang in het bedrijf gevorderd wordt. Bij machines van 150 PK en meer zijn de triple-expansie machines voordeelig, al zijn de kosten van aanschaffing grooter.

Turbines vinden toepassing, waar weinig gewicht, weinig plaatsruimte en groote snelheden gewenscht worden (dynamo's en scheepsschroeven). Zie bldz. 880 e.v.

Een ander punt, waarop ook gelet moet worden, is de *ongelijkvormigheidsgraad*, welke uitgedrukt wordt door de verhouding der grootste snelheidsverandering tot de gemiddelde snelheid. Wel kunnen door toepassing van groot massa's of vliegwielen de grenzen kleiner worden gemaakt, maar men blijft een zekere onregelmatigheid behouden. De ongelijkvormigheidsgraad wordt uitgedrukt door

$$\delta = \frac{V_{max.} - V_{min.}}{V}$$

en bedraagt als maximum voor stoomhamers 1 : 5
,, pompen 1 : 20 tot 1 : 35
,, drijfwerk in machinefabrieken 1 : 35 tot 1 : 40
,, transmissiemachines 1 : 40 tot 1 : 60
,, spinnerijen 1 : 50 tot 1 : 100
,, dynamomachines 1 : 150 tot 1 : 250

Zij wordt grooter bij grooter belasting der machine.

Bedrijfsstoringen.

Stooten en slagen. Treden stooten en slagen in den gang der machine op, dan onderzoeke men, of alle kussenblokken goed vast zijn aangezet. Is dit het geval, dan is aan de hand van den indicateur de schuifbeweging te onderzoeken. Is ook hier niets te vinden, dan ligt het euvel aan slechte montage, foutieve constructie of slechte behandeling. Veelal zijn dan scheefliggende krukpen, losse of zwakke wiggen in het kruishoofd en den zuiger, scheefuitgeboorde kruklagers, onzuivere asligging, enz. de oorzaken.

Niettegenstaande de goede uitvoering eener machine kan in den loop van het bedrijf de machine beginnen te slaan en te stooten en is dit hoofdzakelijk het gevolg van uitgesleten kruk- en drijfstanglagers, kruiksopvoering, en andere deelen, welke aan drukwisselingen blootstaan. Geringe spankracht of slecht passen der zuigerringen en ophooping van hoeveelheden condensatiewater in den cilinder of het zuigerlichaam zijn oorzaak, dat de machine een klapperenden gang verkrijgt.

Hoe grooter het aantal omwentelingen en hoe geringer de compressie is, hoe eerder stooten in den gang der machine worden opgemerkt: van daar dat snelloopende machines een veel grooter compressie moeten hebben om een elastisch kussen te verkrijgen, dat het gewicht der bewegende deelen als het ware opneemt.

Heetloopen der machine. Heetloopen der geleidingsvlakken kan gevolg zijn van te sterke belasting der vlakken, door te groote snelheid of door ongunstige hoedanigheid, ondoelmatig lagermateriaal of onvoldoende smering der glijdvlakken.

Daar bronzen kussens door de warmte sterk uitzetten, is er voor zorg te dragen, dat de assen niet kunnen vastklemmen. Voor cilinderolie is een goede mineraalolie met een hoog kookpunt te kiezen; alle overige koudloopende deelen zijn met vet of mineraalolie te smeren. Een zorgvuldige smering wordt vereischt van de krukas en de voorste drijfstangkussens.

Ondichtheden. Deze treden veelal op bij den zuiger, de stoomverdeelingsorganen en de pakkingbussen en zijn op den duur niet te vermijden. Ondichtheid van den zuiger laat zich dikwijls voor langen tijd bezweren door het aanspannen en ten slotte vernieuwen der zuigerringen, wanneer de slijtage zich over den geheelen zuigeromtrek of cilinderwand heeft uitgestrekt. Het gelijkmatig uitslijten heeft echter vooral bij horizontale machines zelden plaats. Het is goed de ringen niet sterker aan te spannen dan voor een voldoende dichting noodig is en zoo mogelijk tegelijkertijd den ring ongeveer 90° om te draaien. De hoofdoorzaak van gedurig ondichte zuigers en pak-

kingbussen ligt in de periodieke of blijvende doorbuigingen van krukstangen. Om dit tegen te gaan zijn beweeglijke pakkingbussen te verkiezen. Ondichte schuiven moeten worden nageschaafd; het opschuren van de schuif is gevaarlijk, daar zich kleine deeltjes in de hoeken der kanalen of van de schuifkast kunnen ophoopen of in de poriën van het metaal vastzetten, en in het bedrijf schadelijk kunnen werken. Het zoogenaamde invreten van de schuif kan liggen aan te groote schuifsnelheden, te hoogen druk tusschen de spiegels, en vaak aan onvoldoende smering en ongelijk aanzetten der pakkingbussen en kussenblokken der schuifstangen. Andere oorzaken kunnen ook zijn het gebruik van zeer week en onhomogeen gietijzer en vuile kanalen, als gevolg van het onvoldoende verwijderen van het bij de gieting ingetreden kernzand Ondichtheid in de kleppen laat zich verhelpen door het draaien van den kegel op de zitting; is het kwaad hiermede niet verholpen, dan moeten de kegels worden nagedraaid of vernieuwd.

Het *verzamelen van water* in den cilinder geeft de onaangenaamste en gevaarlijkste storingen in het machinebedrijf. Het water kan worden gevormd door condensatie van den stoom in den cilinder, voornamelijk bij het aanzetten der machine, maar de gevormde hoeveelheid is daarbij zoo gering, dat het door de uitlaatkranen, welke bij het aanzetten geopend moeten blijven, gemakkelijk kan ontwijken. Gevaarlijker is de aanvoer van water tengevolge van het heftig overkoken in den ketel, het gebruik van natten stoom of de sterke afkoeling in de stoomleidingen en bij machines met condensatie door het binnentreden van water uit den condensator in den laagdrukcilinder tengevolge van de verkeerde behandeling. Men zorge daarom den stoom zoo droog mogelijk in den cilinder toe te voeren door de stoomleidingen zoo goed mogelijk te omhullen en groote en doelmatige waterafscheiders of stoomdrogers in te schakelen. Het gebruik van oververhitten stoom is eveneens een redmiddel.

Verbrandingsmotoren.

Litteratuur.

Dr. L. J. Hoorweg — De gas- en petroleummotoren, met beweegbaar model. 3e druk. Æ. E. Kluwer, Deventer.

" " — Beknopte uiteenzetting van de inrichting en werking van den petroleummotor van Diesel, met beweegbaar model. 3e druk. Æ. E. Kluwer, Deventer, f 1,65.

W. Friedhoff. — Scheeps Dieselmotoren. Æ. E. Kluwer, Deventer, f 2,75.

A. ten Bosch N.Jzn. — De zuiggasgenerator, met 41 ill. en beweegbaar model. Æ. E, Kluwer Deventer, f 2,75.

Prof. Vater. — De hedendaagsche motoren voor gas, benzine, petroleum en spiritus, bewerkt naar het Duitsch door H. A. Romeijn 2e druk 1914.

René Champly. — Montage, conduite et entretien des moteurs industriels et agricoles. Manuel pratique. Paris, H. Desforges.

D. Clerk. — The gas- and oil-engine.

J. Deschamps — Les gazogènes.

Bryan Donkin. — A text-book on gas-, oil- and airengines.

H. Güldner. — Konstruktion und Betriebsergebnisse von Fahrzeugmotoren für flüssige Brennstoffe.

" " — Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren, 1905 2. Aufl.

H. Haeder. — Die Gasmotoren 2 Bde. 1912. 3. Aufl.

A. von Ihering. — Die Gasmaschinen 2 Bde.

K. O. Knoke. — Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes.

H. Neumann. — Die Motoren für Gas und flüssige Brennstoffe Verslagsbuchhandlung Dr. Max. Jänicke Leipzig.

J. L. Risch. — Raadgevingen omtrent gas- en petroleummotoren.

Georg Lange. — Die Verbrennungsmotoren. Kurzes Lehrbuch. Leipzig. H. A. L. Degener, 1913

G. Lieckfeld. — Der Gasmotor und seine Verwendung in der Praxis.
Die Petroleum- und Benzin-motoren, 3. Aufl. 1908.

C. Martinot—Lagarde. Le moteur à explosion. Paris, Berger-Levrault.

R. E. Mathot. — Manuel pratique des moteurs à gaz et gazogènes.

A. Musil. — Die Motoren für Gewerbe und Industrie. 3. Aufl. 1897.

A. Riedler. — Gross-Gasmaschinen 1905, Oldenbourg.

R. Schöttler. — Die Gasmaschine. Ihre Entwickelung, heutige. Bauart und Kreisprozess. Springer, 1909, 5. Aufl.

Ch. Vigreux et Ch. Milandre. — Moteurs à gaz. Théorie et pratique.

R. Wegner. — Eine praktisch brauchbare Gasturbine.

" " — Der Gasstromerzeuger.

A. Witz. — Traité théorique des moteurs à gaz et à pétrôle vol. I.

Werkingswijze van verbrandingsmotoren.

Bij de verbrandingsmotoren wordt de bij de verbranding vrijkomende warmte in arbeid omgezet. De brandstof wordt daarbij in gasvormigen of in fijn verdeelden vloeibaren toestand in de machine verbrand, hetgeen op twee wijzen kan geschieden:

1. plotseling, waarbij een oogenblikkelijke spanningsvermeerdering bij een bepaald volume van het gas intreedt (*explosie-* of *ontploffingsmotoren*) of
2. onder nagenoeg constanten druk, waarbij het volume tijdens het verbranden toeneemt (*gelijkdrukmotoren*, w.o. de Dieselmotor).

In het eerste geval wordt het mengsel van gas en lucht en in het tweede geval alleen de voor verbranding benoodigde aangezogen lucht onder zekere spanning verdicht en eerst daarna de brandstof toegevoerd. Deze spanning of compressie is bij de gelijkdrukmotoren zoo hoog, dat de temperatuur van de saamgeperste lucht de ontvlammingstemperatuur van de brandstof overschrijdt.

Is W_1 de verbrandingswarmte van de brandstof en W_2 de warmte, die door de afgewerkte gassen wordt afgevoerd, dan in de *theoretische thermische werkingsgraad*

$$\eta_t = \frac{W_1 - W_2}{W_1} = 1 - \frac{W_2}{W_1}$$

Deze werkingsgraad neemt toe met de spanning, waarop het aangezogen gasmengsel wordt verdicht. Door een hoogen graad van verdichting in het mogelijk ook armere, minder gemakkelijk ontvlambare gasmengsels te benutten. Mengsels, welke rijk aan waterstof zijn, zooals de ruwe oliën, ontvlammen spoediger en behoeven minder verdicht te worden of kunnen in schraler mengsel worden gebezigd.

Tengevolge van den koeling van den cilinder wordt de *werkelijke* (*geïndiceerde*) *thermische werkingsgraad* (η_i) kleiner en is 0,5 tot 0,8 van de theoretische.

De *effectieve arbeid* is weder 0,70 tot 0,85 van den *geïndiceerden arbeid* (mechanische werkingsgraad η_m), zoodat de totale nuttige arbeid 0,35 tot 0,68 der afgegeven hoeveelheid warmte bedraagt.

Het *werkelijk nuttig effekt* van de verbrandingswarmte, dat is dat deel der verbrandingswarmte, hetwelk in arbeid wordt omgezet, zijnde dus 0,35—0,68 van den theoretischen thermischen werkingsgraad, is volgens Hütte (1911) voor verschillende motoren als volgt:

SOORT VAN MOTOR	Verbrandings-waarde van 1 M³ v h. gas of 1 KG v. d. brandstof in W.E.	Nuttig effekt bij een vermogen van				
		5	10	25	50	100 PK en meer
Lichtgas	5 000	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27
krachtgas van anthraciet	7 500		0,15	0,17	0,19	0,21
krachtgas van cokes . .	7 400		0,15	0,16	0,18	0,20
krachtgas van bruinkolen	5 500		0,14	0,16	0,19	0,21
hoogovengas	950		0,18	0,20	0,22	0,27
cokesovengas	4 500		0,17	0,19	0,21	0,23
petroleum (gezuiverd) . .	10 500	0,11	0,12	0,13	—	—
ruwe ,, (Dieselmotor) . .	10 000	0,25	0,26	0,27	0,30	0,315
benzine	11 000	0,19	0,21	0,23	—	—
benzol	9 500	0,24	0,26	0,27	0,29	—
ruwe spiritus (90%) . . .	5 700	0,22	0,24	0,26	—	—

De gebruikelijkste werkingswijze der verbrandingsmotoren is *viertakt*, d. w. z. het proces verdeelt zich over 4 slagen of 2 omwentelingen als volgt:

1. aanzuigen van de lucht of van het mengsel gas en lucht bij den eersten heengang van den zuiger,

2. compressie der lucht of van het gas- en luchtmengsel bij teruggang.

3. explosie van het gas en luchtmengsel of inspuiting er verbranding van de brandstof aan het begin, gevolgd door expansie der verbrandingsgassen gedurende de rest van den tweeden heengang.

4. afvoer der verbrandingsgassen gedurende den tweeden teruggang.

Daar op 4 slagen of 2 omwentelingen slechts 1 werkende slag voorkomt, worden de afmetingen van den motor voor een bepaald vermogen groot, zoodat, om dit bezwaar op te heffen, en ook om gewicht te sparen het aantal omwentelingen vaak hoog wordt opgevoerd (snelloopende motoren voor automobielen en vliegmachines). Voor langzamer loopende stationnaire motoren zijn groote en zware vliegwielen noodig, teneinde de vereischte regelmatigheid te verkrijgen. Bij grootere vermogens kan hierin tegemoet worden gekomen, door toepassing van twee of meer cylinders in welke dan afwisselend de ontsteking of de brandstofinspuiting voorkomt.

Bij *tweetakt* motoren is de werkingswijze als volgt:

1. Gedurende het eerste gedeelte van den teruggang van den zuiger worden de verbrandingsgassen uit den cylinder verwijderd door middel van versche lucht (spoellucht), welke lucht gedurende het tweede gedeelte wordt gecomprimeerd.

2. Aan het begin van den heengang wordt de brandstof ingevoerd, gevolgd door verbranding en daarna door expansie der verbrandingsgassen.

Op iedere 2 slagen komt dus 1 werkende slag voor en de cylinderafmetingen kunnen dus ongeveer tot op de helft verkleind worden in vergelijking met een gelijkwaardigen 4-takt motor. De regelmatigheid is grooter, maar er is een afzonderlijke hulpcilinder, die als pomp voor de spoellucht dienst doet, noodig. Hiervoor wordt vaak de krukkast en de zuiger zelf gebruikt.

Doordat de zuiger veelal tevens voor de in- en uitlaat dienst doet, nl. door het vrij-

geven en afsluiten van spleten in den cylinderwand, komen kleppen niet voor en is dus de tweetaktmotor eenvoudig en goedkoop. Het brandstofverbruik is echter hooger en het nuttig effect kleiner, terwijl de motor in bedrijfszekerheid vaak bij den 4-takt motor ten achter staat; ook de onderhoudskosten zijn in 't algemeen hooger. Uit den aard van het proces kan een groote snelheid gewoonlijk niet worden verkregen; de cylinder is moeilijker te koelen en te smeren.

Het grootste vermogen, dat door één cylinder kan worden uitgeoefend, is ongeveer 600 P.K., hoewel als uitzondering grootere vermogens reeds zijn toegepast. In 't algemeen echter niet meer dan 250 à 300 P.K. Het aantal omwentelingen van kleine stationnaire motoren bedraagt maximaal ongeveer 400—500 per minuut; voor grootere stationnaire motoren gewoonlijk niet meer dan 250 à 300. Motoren voor automobielen en vliegmachines tot 2000 per minuut.

Afkoeling van den motor. De cylinder en de cylinderkop worden van een watermantel voorzien en de afkoeling geschiedt door:

1. *Verdampingskoeling.* Op den cylinderkop bevindt zich een kleine pot, (verdamperkast) welke met de koelruimten in open verbinding staat. Hierin bevindt zich water, dat gedurende het bedrijf gaat koken en de temperatuur zoodoende automatisch op 100° C. houdt. Wordt alleen bij kleine machines, motorlocomobielen en motorlocomotieven toegepast.

2. *Circulatiekoeling.* Naast den motor bevindt zich een tamelijk groot en hoog reservoir aan de onder- en bovenzijde door middel van een buis met de koelruimte van den motor verbonden. Door de verwarming van het water komt dit in circulatie, daar het warme water naar boven afvloeit en door het koudere aan de onderzijde wordt gevolgd. De afmetingen van het reservoir moeten in verband met den bedrijfsduur en de capaciteit van den motor natuurlijk zoodanig gekozen worden, dat de temperatuur van het water niet te hoog kan worden, daar anders de circulatie ophoudt. Wordt gewoonlijk toegepast voor motoren van hoogstens 20 PK.

Bij locomobielmotoren wordt vaak van een kleine roteerende pomp gebruik gemaakt om de circulatie te bevorderen; het koelvat kan dan ook kleiner zijn.

3. *Doorstroomkoeling.* Dit geschiedt door aansluiting op de waterleiding of door een afzonderlijke pomp. Het warme water, dat den motor verlaat, wordt niet meer gebruikt. De regeling der temperatuur heeft men hierbij geheel in de hand en deze wijze van afkoeling wordt algemeen bij motoren boven ca. 20 PK toegepast. Het water moet zuiver zijn, kalk- en ijzervrij.

Een motor gebruikt gewoonlijk 15 à 20 L water per uur en per E P.K. Bij zuiggasmotoren is het gebruik ca. 35 à 40 L, daar hier ook water noodig is voor den verdamper van den generator en voor de reiniging van het gas (scrubber).

Bij ongeschikt water is de aanbrenging van een filter- of een ontijzeringsinrichting noodzakelijk. Indien zich in de koelruimten ketelsteen of ijzeroxijde afzet, moeten deze af en toe door uitkoken met verdund zuur gereinigd worden.

Bij kans op vorst moet het koelwater, wanneer de motor niet gebruikt wordt, worden afgetapt, daar anders de koelmantel van den cylinder kan springen.

4. *Radiateurkoeling.* Het warme water wordt naar een reservoir teruggevoerd, hetwelk een groot verkoelend oppervlak bezit (radiateur). De afkoeling geschiedt door de lucht, hetzij langs natuurlijken weg of kunstmatig door een ventilator. Wordt toegepast bij automobiel- en vliegtuigmotoren.

5. *Luchtkoeling.* De afkoeling geschiedt alleen door een luchtstroom. Dit komt bij sommige vliegtuigmotoren voor.

Bij groote stationnaire zuiggas- en Dieselmotoren worden vaak de uitlaatkleppen en de zuigers afzonderlijk gekoeld. De eerste door water, de tweede door water of lucht.

Warmtebalans van een verbrandingsmotor.

Warmtebalans van een Dieselmotor van 200 PK (van Gebr. Sulzer):

	bij volbelasting 200 EPK	bij afnemende belasting tot 100 EPK
1. Warmte in geïndiceerde arbeidsontwikkeling omgezet	45 %	45—47 %
2. Idem in effectieve arbeidsontwikkeling omgezet	33 ,,	33—19 ,,
3. Idem in het koelwater afgevoerd . . .	28 ,,	28—37 ,,
4. Idem door afgewerkte gassen afgevoerd, verliezen tengevolge van de uitstraling, enz.	39 ,,	39—44 ,,
2, 3 en 4 samen	100 %	100 %

Vermogen van een verbrandingsmotor.

Het vermogen kan door een dynamometer worden bepaald of op gelijke wijze als bij de stoommachine worden berekend, waarbij in het oog moet worden gehouden, dat bij een viertaktmotor slechts 1 op de 4 slagen werkend is en bij een tweetaktmotor 1 op de 2.

Het aantal geïndiceerde paardekrachten wordt bij een ééncilindermotor gevonden uit:

$$Ni = \frac{F \cdot p_i \cdot s \cdot z}{75}$$

waarin F het zuigeroppervlak in cM^2.
p_i de gemiddelde geïndiceerde druk in KG/cM^2 zuigeroppervlak,
s de slaglengte in Meter,
z het aantal ontstekingen per secunde.

Grootte van z:

1. *Dubbelwerkende tweetaktmotor:*

Hierbij komen 2 ontstekingen per omwenteling; bij *n* omwentelingen per minuut alzoo:

$$z = \frac{2\,n}{60} = \frac{n}{30}.$$

2. *Enkelwerkende tweetaktmotor:*

$$z = \frac{n}{60}.$$

3. *Dubbelwerkende viertaktmotor*, waarbij evenals bij (2)

$$z = \frac{n}{60}.$$

4. *Enkelwerkende viertaktmotor:*

$$z = \frac{n}{2 \times 60} = \frac{n}{120}.$$

Door het geïndiceerd vermogen te vermenigvuldigen met het *mechanisch nuttig effect* (η_m) verkrijgt men het effectief vermogen N_e.

Over het algemeen zijn de verbrandingsmotoren enkelwerkende viertaktmotoren met het effectief vermogen

$$N_e = \eta_m \frac{F \cdot p_i \cdot n \cdot s}{120 \times 75} PK = \eta_m \frac{\pi\, p_i}{36\,000} d^2 n\, s$$

waarin d de zuigermiddellijn in cM.

Het nuttig effect (η_m) varieert van 0,70 tot 0,85, al naar gelang van type, brandstof, enz. terwijl bij geringer belasting dan het normale vermogen het nuttig effect kleiner wordt.

De grootte van den gemiddelden geïnduceerden druk (p_i) hangt af van: soort motor, brandstof, compressie, vorm van de verbrandingsruimte, plaats en tijdstip van ontsteking of brandstofinspuiting, enz. en bedraagt voor de verschillende motoren:

p_i bij benzine motoren		= 5½—6½ atm.
,, ,, benzol ,,		= 6 —7 ,,
,, ,, petroleum ,,		= 5 —6 ,,
,, ,, stadsgas ,,		= 6 —7 ,,
,, ,, zuiggas ,,		= 4 —5 ,,
,, ,, ruwolie ,,	(gloeikopmotoren)	= 7 —8 ,,
,, ,, ,, ,,	(zelfontsteking: Brons, Diesel)	= 6½—7½ ,,

en in het algemeen bij:

Gasmotoren bij rijke gasmengsels 5 tot 6 KG/cM^2.
,, ,, arme ,, 4 ,, 5 ,,
Oliemotoren bij oliën met laag kookpunt (benzine, ligroin, e.a.) 4 tot 5,5 KG/cM^2.
,, ,, ,, hoog ,, (benzol, petroleum, ruwe olie, spiritus) 3,5 tot 5 KG/cM^2.

Een motor, welke met benzine werkt, heeft dus grooter vermogen dan een met spiritus.

Gasmotoren.

De verschillende gassoorten, welke voor de gasmotoren worden gebezigd, zijn:
Licht- of stadsgas. Verbrandingswaarde 4500 tot 5000 WE per M^3. Verhouding

van het gebruikte mengsel 1 vol. dl. gas op 6 à 10 dln. lucht. Het mengsel wordt gecomprimeerd tot op een spanning van hoogstens 11 à 12 atm.

Kracht-, zuig- of generatorgas. Het wordt verkregen in een generator, welke als een gesloten schachtoven kan worden beschouwd, waarin zich een dikke laag gloeiende kolen bevindt, waardoor een beperkte hoeveelheid mengsel van lucht en waterdamp wordt geblazen. Gewoonlijk geschiedt dit door de zuigende werking van den zuiger gedurenden den heengaanden slag, waardoor gas en lucht in den motor worden gezogen (vandaar de naam zuiggas). De kolen verbranden grootendeels tot koolzuur, waarvan het meerendeel weder tot kooloxyd gereduceerd wordt. De ingeblazen waterdamp wordt (meestal slechts voor een deel) ontleed in zuurstof en waterstof. De resteerende hoeveelheid waterdamp werkt ongunstig op de te verkrijgen verbrandingstemperatuur; gunstig is het daarom oververhitten stoom en voorgewarmde lucht te bezigen. Bij goede brandstof en een goed geregelde vergassing kan men gemiddeld rekenen op 25% kooloxydgas. Van de kolen gaat 15—20% verloren aan: het op temperatuur brengen, door uitstraling en aan aschbestanddeelen. In het algemeen bezigt men voor de brandstof anthraciet van 5 tot 20 mM korrelgrootte, zelden cokes en in de laatste jaren ook bruinkoolbriketten, turf, houtafval, enz.

1 KG anthraciet ontwikkelt hierbij 4,5 tot 5 M³ gas en vereischt daarbij ongeveer 0,50 tot 0,80 KG water en waterdamp.

1 KG cokes ontwikkelt 4,4 tot 5,1 M³ gas en vereischt wat meer waterdamp.

1 KG bruinkolen ontwikkelt 4,4 tot 4,8 M³ gas en vereischt veel minder waterdamp soms zelfs geheel geen water.

Voor natte gasreinigers rekent men 15 tot 20 L water voor elke IPK van den motor.

De verbrandingswaarde van het anthracietgas is ongeveer 1250 WE, van het cokesgas ongeveer 1150 WE en van het bruinkolengas ongeveer 1100 WE per M³.

De verhouding van het gebruikte luchtmengsel is

voor anthracietgas	1 vol. dl. op	1,1 dl. lucht.
,, cokesgas	1 ,, ,, ,,	6,1 ,, ,,
,, bruinkoolgas	1 ,, ,, ,,	1,4 ,, ,,

Het mengsel gas en lucht wordt in den cilinder gewoonlijk gecomprimeerd tot een druk van hoogstens 11 à 12 atmosfeer.

Acetyleen kan voor gasmotoren gebezigd worden in den vorm van ,,acetylène dissous" d.i. acetyleen, dat in aceton is opgelost, die zich in poreuse massa in stalen flesschen bevindt. Het gas is in dezen toestand zuiver en onder constanten druk. Men kan het gas ook direct uit het carbide bereiden, maar moet dan zuiveringstoestellen toepassen. De motoren loopen op het gas vrij geruischloos, zijn daarmede gemakkelijk aan te zetten en de vervuiling is gering. Te rekenen valt op 1 KG carbid per uur per PK.

Watergas. Het wordt verkregen door waterdamp door gloeiende kolen of cokes te blazen.

1 KG brandstof geeft 2 tot 2,5 M³ gas. De verbrandingswaarde is 2300 tot 2430 WE per M³. De verhouding van het mengsel is 1 vol. dl. gas op 3 tot 4 vol. dln. lucht.

Hoogovengas. Verbrandingswaarde 900 tot 1100 WE per M³. Verhouding van het mengsel 1 vol. dl. gas op 1 à 1,5 vol. dl. lucht.

Vetgas. Verbrandingswaarde 9000 tot 9500 WE per M³. Verhouding van het mengsel 1 : 15 tot 1 : 20 vol. deelen. Het wordt verkregen door het destilleeren van paraffineolie of petroleumresidu in gesloten retorten. 100 KG olie leveren 50—55 M³ gas.

De vier laatstgenoemde gassen worden zelden gebruikt.

Het gasverbruik.

Het gasverbruik bedraagt naar gelang van de grootte en soort der motoren van 100 tot 5 PK per PK en per uur bij normale belasting (hoe grooter de motor, hoe minder het verbruik):

bij lichtgas	0,45	tot 0,70 M³
,, hoogovengas	2,6	,, 4,— ,,
,, watergas	1,3	,, 1,8 ,,

bij kracht- of zuiggas 2,1 tot 3,6 M³ en wel bij gebruik van

anthraciet	2,1 tot 2,7 M³	overeenkomende met	0,40 tot 0,60 KG	anthraciet.
cokes	2,3 ,, 2,9 ,,	,,	,, 0,45 ,, 0,65 ,,	cokes.
bruinkolen	2,6 ,, 3,5 ,,	,,	,, 0,55 ,, 0,80 ,,	bruinkolen.

bij houtafval ongeveer 1,5—2 KG hout per PK/uur.

Bij halve belasting der motoren stijgt het gasverbruik per PK-uur met 20 tot 40%, bij ¼ belasting tot 100%, hetgeen veel is en nog door de oliemotoren wordt overtroffen. Bij leegloop kan het brandstofverbruik nog tot 30% van het maximum verbruik bij vollast bedragen.

Om het gasverbruik even laag te laten blijven als bij vollast, laat men het vermogen van den motor veranderen door het aantal omwentelingen te regelen. Bij kleiner aantal omwentelingen zal het vermogen verminderen en daarmede tevens het gasverbruik kleiner worden.

De *ontsteking* geschiedt met electrische vonken door middel van een magneetinductor, zelden meer met Bunsensche vlam of gloeiend porceleinbuisje daar dit tengevolge van de explosie dikwijls breekt.

In het laatste geval moet bij het buiten bedrijf stellen het gas blijven toegevoerd om het buisje op temperatuur te houden, wil men niet eenigen tijd (± 5 minuten) wachten, vóór het weder dienst kan doen.

Het koelwaterverbruik bedraagt ongeveer 30 L per PK uur; het smeerolieverbruik ongeveer 8 gr. per PK uur. Aan poetsmateriaal kan 25% van het smeerolieverbruik worden gerekend.

Typen van gasmotoren.

,,*Winterthur*'' *zuiggasmotoren* zijn naar een beschrijving van de firma Linde-Teves-Stokvis vierslagmotoren, welke horizontaal of verticaal worden gebouwd. De inbedrijfstelling geschiedt van uit één plaats, daar de afsluiters voor gas- en luchttoevoer, voor de saamgeperste lucht en voor het koelwater bij elkaar aan den kop van den motor aanwezig zijn. De regeling van den motor geschiedt bij een vermogen van beneden de 30 PK door verandering in de verhouding van gas en lucht en bij vermogens boven de 30 PK door de toegelaten hoeveelheid van het onveranderde mengsel te regelen naar de belasting van de machine. Het aanzetten geschiedt bij de kleinere motoren met een aanzetslinger en bij de grootere met saamgeperste lucht. De gasgeneratorinrichting is in fig. 1 schematisch voorgesteld en bestaat uit een generator A en een scrubber of reiniger B. De generator is bekleed met vuurvaste steen om te voorkomen, dat het vuur in C den buitenmantel zou verbranden. Door de vultrechter D wordt de brandstof in den generator gebracht. In E wordt het water verhit, waardoor de door deze ruimte stroomende lucht met waterdamp wordt verzadigd, vóórdat zij door de heete kolen strijkt. Aldaar wordt het brandbaar gas gevormd, dat door de opening F en vervolgens door de buis G naar den reiniger B stroomt. Deze bestaat uit een hoogen ijzeren ketel met cokes gevuld, welke door den sproeipijp H voortdurend met water wordt besproeid. Het gas, dat van onderen naar boven tegen den waterstroom in stroomt, wordt daardoor van onreinheden gezuiverd en vervolgens door de buis J naar den motor gezogen.

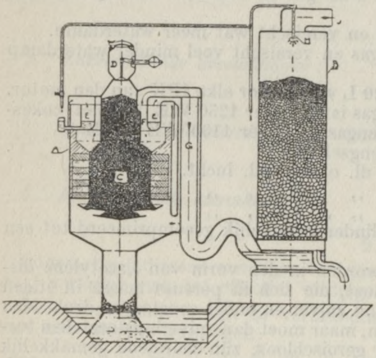


Fig. 1.

Wanneer de generator brandt, bepaalt zich de bediening tot het bijvullen van brandstof om de 2 à 3 uur afhankelijk van de belasting van den motor en tot het verwijderen van de slakken. Is een bijzondere reiniging van het gas noodig, dan wordt een centrifugaalreiniger in de gasleiding geplaatst.

Oliemotoren.

De werkingswijze der ontploffingsoliemotoren is dezelfde als die der gasmotoren, alleen bestaat de lading in plaats van uit gas, uit vloeibare brandstof (oliën,) welke in de machine wordt verdampt en uit lucht, welk mengsel na zekere compressie wordt ontstoken.

Een afwijking vertoont de *Dieselmotor*. Hierbij wordt de brandstof toegevoegd, nadat de compressie van de lucht plaats heeft, in plaats van de brandstof eerst met lucht te vermengen en dan te comprimeeren Men kan nu de lucht tot een hoogeren graad comprimeeren dan met het mengsel lucht en brandstof mogelijk is, daar bij dit laatste de ontbranding spoediger volgt. Deze hooge compressie, welke aan de ontsteking voorafgaat, heeft het voordeel, dat het rendement aanzienlijk wordt vermeerderd, terwijl tengevolge van de hooge temperatuur van de gecomprimeerde lucht,

hooger dan voor de ontbranding noodig is, de brandstof snel en volkomen wordt verbrand.

Men kan ook volgens dit systeem minderwaardige oliën bezigen, zelfs teeroliën en teer, indien de compressie daarvoor maar geregeld wordt.

Evenals bij de gasmotoren onderscheidt men bij de oliemotoren het tweetakt- en het viertakt-systeem. De oliemotor is evenwel veel geschikter dan de gasmotor om volgens het eerstgenoemde systeem te werken, daar slechts een zeer klein brandstofpompje noodig is en geen groote inlaat- en uitlaatkleppen aanwezig behoeven te zijn.

De verschillende vloeibare brandstoffen, welke in oliemotoren gebezigd worden, zijn:

Benzine en petroleum. Deze beide brandstoffen zijn destillaten van de aardolie en hebben een laag ontvlammingspunt en een klein soortelijk gewicht (benzine 0,68—0,73 en petroleum 0,8—0,83) (Zie ook bldz. 589). De verbrandingswaarde van beide bedraagt ongeveer 10 000 cal. per KG. Ze worden gebruikt voor kleine stationnaire motoren en voor boots-, automobiel- en vliegtuigmotoren. De compressie kan slechts tot 3 à 4 atm. worden opgevoerd, daar anders zelfontstekingen voorkomen. Het verbruik bedraagt ongeveer:
325—400 gr. benzine en 375—450 gr. petroleum per PK en uur bij normale belasting.

Gas- of ruwe olie. Eveneens een destillaat van de aardolie en bezit een hoog ontvlammingspunt en een grooter soortelijk gewicht (0,85—0,90). De verbrandingswaarde bedraagt ongeveer 10 000 cal. per KG. (Zie ook bldz. 589.) Deze brandstof wordt gebruikt in motoren met hooge compressie, welke geheel door zelfontsteking werken (systeem Diesel en Brons, compressie 30—35 atm.) en in motoren met middelmatige compressie (gloeikop, Semi-Diesel). Het verbruik bedraagt ongeveer voor:

Gloeikopmotoren 320—380 gr. per PK en uur
Bronsmotoren 240—270 ,, ,, ,, ,, ,,
Dieselmotoren (liggend) 200—240 gr. per PK en uur
,, (staand) 180—200 ,, ,, ,, ,, ,,

Benzol. Destillatieprodukt der steenkool heeft een soortelijk gewicht van ca. 0,88 en een verbrandingswaarde van 9350—9500 cal. per KG. (Zie ook bldz. 587.) Het is een zeer goede motorbrandstof en wordt vaak gebruikt in plaats van benzine en petroleum. De compressie in den cylinder bedraagt ongeveer 10—12 atm. Het verbruik variëert van 270 tot 320 gr. per PK en uur.

Teerolie is eveneens een steenkooldestillaat en wordt uitsluitend in Dieselmotoren gebruikt, daar het een zware, moeilijk ontvlambare brandstof is. Het soortelijk gewicht is 1—1,1. Teneinde voor een goede verbranding te zorgen, worden vaak voorinspuitingen van gasolie toegepast (Deutz). De verbrandingswaarde is ongeveer 8900 cal. per KG.

Ten slotte kan nog genoemd worden *spiritus* en *naphtaline*, welke brandstoffen echter zelden gebruikt worden.

Verschillende typen van oliemotoren:

1. De *Dieselmotor* is als oudste motor het meest volmaakt en wordt bij zorgvuldige bediening in brandstofverbruik tot dusverre door geen andere ruwoliemotor overtroffen. De hooge spanningen bij het arbeidsproces eischen een zorgvuldige en zware constructie, welke van invloed is op den prijs. De motor wordt vervaardigd in drie hoofdtypen:

a) in viertakt en enkel werkend. Hierbij wordt bij den eersten gang aangezogen lucht bij den tweeden gang tot 30 à 32 atm. samengeperst, waarbij de temperatuur tot ± 600° C. stijgt. Aan het begin van den derden gang (den arbeidgevenden) wordt in deze heete lucht door luchtdruk van ± 40 atmosferen door een brandstofnaald een straal vloeibare brandstof (ruwe olie, petroleum of paraffine) gedurende ongeveer 10% van den zuigerslag ingespoten, welke stof verbrandt en de ontwikkelde warmte aan de samengeperste lucht afgeeft. Tengevolge van deze langere verbranding in de saamgeperste lucht heerscht dus gedurende zekere tijdsruimte gelijke druk. De gassen zetten zich daarna uit tot een eindspanning van 2—3 atm. Bij den vierden zuigergang worden de gassen in de vrije ruimte uitgestooten.

b) in tweetakt enkel werkend, waarbij de verbrandingsprodukten aan het einde van den eersten neergaanden slag worden uitgestooten, terwijl het begin van den tweeden opgaanden slag voor compressie dient. De uitlaatkleppen zijn weggelaten. De brandstofpomp is dubbelwerkend. Dit type motor is dat voor stationnaire motoren van groot vermogen en voor de marine. Het is het meest volmaakte.

c) in tweetakt dubbelwerkend met dezelfde werkingswijze als de vorige. Zij zijn

eenvoudiger van samenstelling daar het aantal bewegende organen hierbij wordt beperkt. Dit type wordt hoofdzakelijk door Duitsche constructeurs uitgevoerd.

De Diesel-machine wordt het meest in staanden vorm uitgevoerd, voor kleine vermogens veelal in vier en voor groote in tweetakt. Men vindt vermogens van 1 tot 2500 OK per cilinder; motoren van 6000 PK en meer zijn geen zeldzaamheid. De brandstofnaald wordt evenwel door de zeer hooge temperatuur aangetast, trekt krom en loopt vast, verder zijn de fijne onderdeelen aan vervuiling onderhevig en heeft men bij deze motoren afzonderlijke luchtcompressoren en oliepompen, die onder hoogen druk werken, allemaal nadeelen van den motor, maar waartegenover het geringe brandstofverbruik staat.

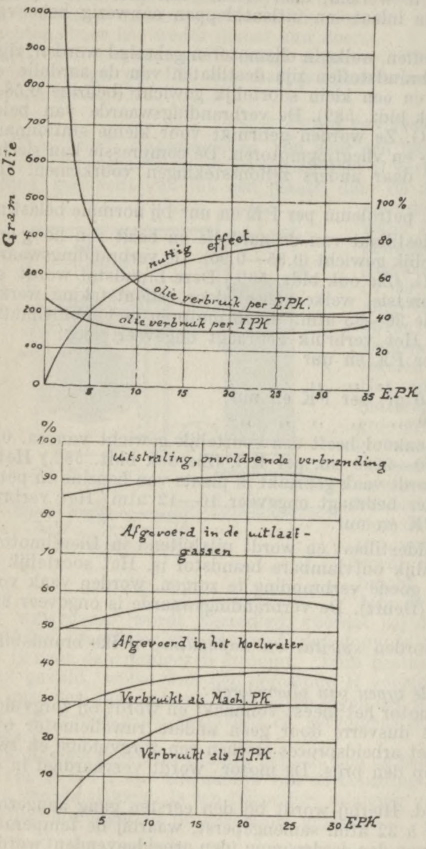


Fig. 2.

2. De *Lietzemayermotor* is een vereenvoudiging van het Dieselsysteem, welke de bedrijfszekerheid verhoogt. Hier wordt de brandstof door een hoog gecomprimeerden luchtstroom op een juist moment in de compressieruin te gespoten en hier verbrand.

3. De *Bronsmotor* (Zie voor beschrijving De Ingenieur 1916 No. 2 en 3 bldz. 22 en 43) is een viertakt verbrandingsmotor, welke ten deele een gelijkdrukmotor is, deels het karakter van een explosiemotor heeft. Bij vermogens boven de 12 EPK wordt hij met druklucht in tweetakt aangezet. Een luchtdruk van 8 atm. is reeds voldoende. Met het vorige type heeft hij dit gemeen, dat de brandstof (ruwe olie, gasolie) reeds gedurende de aanzuigperiode wordt gebracht in een ruimte, welke voortdurend in open verbinding staat met de groote compressieruimte door middel van één of meer kleine injectieopeningen.

Door de hooge compressietemperatuur grijpt in de ruimte (verstuiverbakje) aan het einde van den compressieslag verdamping van de brandstof en een explosie plaats, welke de nog vloeibare brandstof door de injectieopeningen in den cilinder drijft, waar de volledige verbranding plaats grijpt. De temperatuur van den verstuiverbak is van grooten invloed op het arbeidsproces van den motor. Bij de verbranding van de olie blijft de druk niet zooals bij den Dieselmotor constant maar stijgt nog vrij snel 5 à 8 atm., hetgeen de zuinigheid van het verbrandingsproces ten goede komt. Een nadeel bij dezen motor is, dat gedurende het werken het oogenblik, waarop de injectie plaats grijpt, niet is te regelen, ofschoon daardoor niet veel last wordt veroorzaakt. De motoren worden geleverd met één cilinder tot 80 EPK; grooter vermogen met 2, 3, 4 cilinders. Het brandstofverbruik bedraagt 190—250 gram gasolie per EPK/uur naar gelang van de grootte. Het smeerolieverbruik is ongeveer 8 à 10 gram olie per EPK uur. Het mechanisch nuttig effekt van een Bronsmotor van 30 PK beproefd door den ingenieur *J. C. Horch* (de Ingenieur 1916. Nos. 2 en 3) was 80¼% waarbij een constant verschil in IPK en EPK van 7,4 PK bij verschillende belastingen werd aangenomen Het olieverbruik

per IPK/uur verandert tusschen 10 en 30 PK niet noemenswaard (zie grafische voorstelling fig. 2); het blijft per EPK tusschen 20 en 35 EPK ongeveer constant, maar loopt bij minder dan 20 EPK aanzienlijk op.

4. De *Trinklermotor* is in principe te vergelijken met den Lietzemayermotor maar wijkt constructief af door de wijze, waarop de gecomprimeerde luchtstroom de injectie van de brandstof verzorgt.

5. De *Hamilton, Bolinder* en *Haselwindermotoren* zijn eveneens explosiemotoren, waarbij de verbranding minder volkomen en het brandstofverbruik relatief iets ongunstiger is. Daardoor is grooter eenvoud in de constructie verkregen, zoodat de aanschaffingskosten lager zijn. De bedrijfszekerheid staat evenwel niet bij de eerstgenoemde achter.

Bolindermotoren (Rundlöfspatent) zijn tweetaktmotoren, voorzien van gloeikop welke vooraf met een soort soldeerlamp moet worden verhit. De motor werkt met drukkingen van ongeveer 25 atm., heeft geen in- en uitlaatkleppen, terwijl de gesloten krukkast als spoelpomp voor het uitspoelen van den cilinder wordt gebezigd. De brandstof wordt ingepompt door een door den motor bewogen smeerpomp.

De Bolinder Scheepsmotor heeft omkeerbeweging door tegenexplosie of liever ontbranding.

Het brandstofverbruik bedraagt met gasolie 230 gram per EPK uur. De motoren kunnen zeer geleidelijk aangezet worden, omdat de gloeikop een hooge compressie vóór de verbranding onnoodig maakt.

De motoren zijn in den handel met 600 tot 225 omwentelingen per minuut.

1 cilinderige van 5 tot 80 PK met een gewicht van ongeveer 75 KG per EPK
2 ,, ,, 10 ,, 160 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 52 ,, ,,
4 ,, ,, 60 ,, 320 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 50 ,, ,, ,,

6. De *Kromhoutmotor* was vroeger een gloeikopmotor (zie De Ingenieur nr. 34, jg. 1912, bldz. 705) welke in tweetakt werkte. Zij werden geleverd als éëncilindermachine in grootten van 8, 12, 18, 26, 35 en 45 PK en als dubbelcylinder met het dubbele vermogen. De brandstof is z.g. ruwe olie (huile à gaz, Gasöl) ook kan een petroleumresidu als de ,,Borneo liquid fuel'' worden gebezigd, maar het verbruik hiervan is niet zoo zuinig als dat der ruwe olie. De motoren werkten met waterinjectie in de verbrandingskamer om den gloeikop op normale temperatuur te houden. Het injectiewater werd aan den koelmantel ontnomen. De juiste hoeveelheid daarvan werd bepaald naar de kleur, welke de gloeikop vertoont.

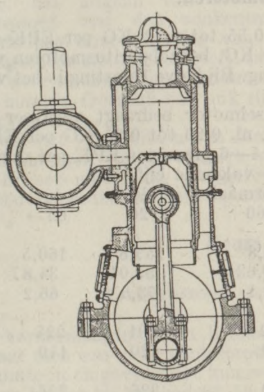


Fig. 3.

Het groote gevaar voor brand of explosie en het bezwaar van scheurende en springende koppen en lekke pakkingen gaven aanleiding tot een verbeterde constructie van den *nieuwen middeldruk ruwoliemotor*, waarbij geen waterinjectie plaats vindt en bij onbelast draaien geen aanzetlamp behoeft te worden gebezigd, (fig. 3). Hierbij is namelijk het bovenste afsluitdekseltje van de verbrandingskamer ongekoeld en daaraan de zg. ontstekingsplaat bevestigd, waarvan de temperatuur bij iedere belasting steeds voldoende is voor de onmiddellijke verdamping en ontsteking van de ingespoten brandstof. De inspuiting van de brandstof vindt eerst plaats éven voordat de zuiger het bovenste doode punt bereikt heeft, zoodat vóór-explosie is uitgesloten. De motor werkt zonder in- of uitlaatkleppen en de aanvoer van lucht en afvoer der verbrandingsgassen geschieden door poorten in den cilinderwand, die door den zuiger geopend en gesloten worden. Is de zuiger in den laagsten stand, dan wordt bij omhooggaanden slag lucht in de krukruimte aangezogen door twee automatisch werkende lederen luchtkleppen. Bij den volgenden neergaanden slag sluiten deze zich en wordt lucht in de krukruimte gecomprimeerd tot ongeveer ¼ atmosfeer. Even vóór den ondersten stand opent de zuiger de uitlaatpoorten in den cilinderwand, waardoor de verbrandingsgassen ontwijken, terwijl even later de tegenovergelegen inlaatpoort geopend wordt, waardoor verbinding ontstaat tusschen onder- en bovenkant van den zuiger De saamgeperste lucht in de krukruimte stroomt nu in den arbeidscilinder en drijft de overgebleven verbrandingsgassen uit den cilinder. Deze versche lucht wordt bij

opgaanden slag gecomprimeerd, doet deze met ontsteking van de ingespoten olie verbranden.

De brandstof wordt door middel van een plunjerpompje naar den cylinderkop geperst. De plunjers van de brandstofpompjes, voor elken cylinder één, worden door kammen of nokken bewogen. Deze nokken zijn in de lengterichting der motoras in een hellende sleuf verstelbaar en worden ingesteld door een centrifugaal regulateur in het vliegwiel. Op deze wijze wordt de afstand van het loopvlak van de nok tot hart as vermeerderd of verminderd en tengevolge hiervan wordt de slaglengte der plunjers vergroot of verkleind, zoodat ook meer of minder brandstofolie wordt toegevoerd.

De *Mietz & Weiss motor*, welke van Amerikaansch maaksel is, is een horizontale tweetakt enkelwerkende gloeikopmotor, waarbij de gloeikop wordt verwarmd vóór de motor draait. De compressie wordt hier hoog opgevoerd, waarbij een temperatuur van minstens 330° C. ontwikkeld wordt, hetgeen dezen motor geschikt maakt voor het gebruik van zware ruwe olie. De regeling van het aantal omwentelingen geschiedt door de brandstofpomp meer of minder olie te doen toevoeren of te doen ophouden.

De *Blackstone-motor* een zg. Semi-Dieselmotor heeft het Dieselbeginsel gecombineerd met de gloeikopontsteking. De werking is viertakt en de brandstof wordt in twee gedeelten ingespoten, namelijk een kleine onveranderlijke hoeveelheid in den gloeikop even vóór het eindigen van den 2en takt, waardoor de verbranding wordt ingeleid en de rest gedurende het eerste deel van den daarop volgenden dalenden slag onder luchtverstuiving, waardoor geleidelijke verbranding ontstaat en de verbrandingsdruk lager is dan 22 atm. Deze later ingespoten hoeveelheid brandstof wordt door den op de brandstofpomp werkenden regulateur naar behoefte geregeld. Afkoeling door water is dus niet noodig.

Het brandstofverbruik bij oliemotoren.

Petroleummotoren van 5 tot 100 PK verbruiken 0,55 tot 0,22 KG per EPK per uur; benzinemotoren van 5 tot 25 EpK 0,40 tot 0,30 KG, benzolspiritusmotoren van 5 tot 25 EPK 0,60 tot 0,50 KG, alles bij volle belasting. Bij halve belasting is het verbruik 25 à 30% grooter.

Het olieverbruik (ruwe petroleum) van den Dieselmotor bedraagt ongeveer de helft minder dan dat bij de gewone explosiemotoren, nl. 0,20 tot 0,25 KG per EPK uur. Het smeerolieverbruik is vrij hoog en ongeveer 4—6 gram per EPK per uur.

Een beproeving van een 70 eff. PK motor gaf de volgende cijfers:

Belasting	Maximum	Normaal	½	¼
Duur der proef in min	16	60	20	65
Gemidd. aantal omw. van de kruk per min.	157,9	158,8	159,8	160,5
Aantal EPK	86,65	69,63	53,01	34,87
Mech. rendement %	81,4	79,1	73,6	66,2
Petroleumverbruik per EPK uur in gram	188	192	201	224
Koelwaterverbruik per uur in L		580	420	140
Afvoertemperatuur der verbr. gassen in ° C.	468	349	336	236

Storingen in het bedrijf van verbrandingsmotoren.

De verschillende bezwaren, welke zich in het bedrijf kunnen voordoen, zijn:

1. *Het zware aanzetten* Het aanzetten moet steeds plaats hebben bij een vastgestelden stand van de gaskraan en door krachtig en snel draaien van het vliegwiel. Gelukt het daarbij nog niet, dan moet de ontsteking en de gas- en luchtinlaat nagezien worden of de compressie is te gering.

2. *Gering vermogen bij abnormaal gasverbruik.* Dit is het gevolg van ongunstige verhouding van het gasmengsel, hetgeen is te herkennen aan de kleur, waarmede het verbrandt. Normaal mengsel verbrandt met helgeel tot groene kleur; te rijk gasmengsel heeft donkerder en te arm mengsel lichter kleur. De oorzaak ligt in het slecht functionneeren van den regulator en de gasinlaatdeelen of ook in den hoogeren weerstand der machine zelf. Is het abnormaal verbruik het gevolg van te geringe compressie, dan dient te worden nagegaan, of de uitlaatklep wel goed afsluit, daar in dat geval een deel van het aangezogen mengsel direkt verloren gaat, het ontstekingsvermogen vermindert en de explosiespanning geringer wordt. De uitlaatklep is ondicht, wan-

neer men het vliegwiel met de hand verschillende malen kan terugdraaien, zonder dat groote tegenstand wordt ondervonden. Indien de klep niet versleten is, kan men door flink smeren met petroleum vaak de kwaal verhelpen; olie mag hiervoor niet worden gebezigd. Met het ondicht zijn van de uitlaatklep gaan somtijds gepaard:

3. *Explosies in de afvoerleiding.* Deze kunnen gevaarlijk worden en zijn het gevolg van verbranding van het door de niet sluitende uitlaatklep ontwijkende gas.

4. *Het knallen in den cilinder* ontstaat bij arm gasmengsel en ondichte kleppen en schuiven, maar is niet gevaarlijk. Het *knallen in de afblaaspijp* kan het gevolg zijn van een te zwakke belasting, daar dan bij een geregelde verhouding van het gasmengsel de aanvoer sterk vermindert en het gasmengsel onverbrand naar buiten gejaagd wordt en in den warmen afblaaspot wordt ontstoken.

5. *Ondichte zuigers* krijgt men door het vastzitten der zuigveeren, hetgeen wordt verholpen door den zuiger uit te nemen en eenige uren met petroleum te bevochtigen, waarbij de veeren na kloppen met een houten hamer kunnen worden gelost. Vroeg of laat slijt evenwel de zuiger van elken gasmotor uit: de cilinder moet dan worden uitgeboord en daarvoor een nieuwe zuiger worden besteld.

Goede smering met goed smeermateriaal is voor een gasmotor vereischte; alleen voor zuigersmering moet olie worden gebruikt en liefst dikke, daar deze ondichtheden voorkomt; kleppen, enz. smere men met petroleum.

6. Het *afnemen van het aantal omwentelingen* van den motor duidt veelal aan, dat hij overbelast is.

Staat de motor *stil*, dan kan dit de volgende oorzaken hebben:

a. gebrek aan toevoer bij een zuiggasmotor door het ontstaan van zoogen. condenswaterzakken in de zuigleiding.

b. het verzamelen van water in de afblaaspijp, afkomstig van het koelwater of condensatie van in de verbrandingsgassen aanwezigen waterdamp.

c. het uitgaan van de verwarmingsvlam bij gloeibuisontsteking; het vastklemmen van den vonkentrekker bij electrische ontsteking. Dit laatste is te verhelpen door ingieting van petroleum. Tevens moet men er op letten, of het magneettoestel stroom geeft, hetgeen kan worden nagegaan door het anker snel heen en weer te bewegen en het draadeinde tegen een blanke plaats van het magneettoestel te houden. Oorzaak kan ook zijn, dat in de ontsteekbuis water is opgehoopt, dat contact maakt.

d. het vastbranden van den motor, dat zich evenwel verraadt door het ontwijken van dampen van de te sterk verhitte olie uit den cilinder.

Bij een motor, die veel gebruikt wordt, zullen alle kleppen minstens éénmaal per maand moeten worden ingeschuurd.

Keuze van een verbrandingsmotor.

Keuze tusschen een stoommachine en een verbrandingsmotor.

Verbrandingsmotoren hebben bijna altijd de voorkeur boven een stoommachine, waar men een vaak omderbroken of wisselend bedrijf heeft. Zij nemen weinig plaatsruimte in en geven door hun eenvoudigen aanleg en zindelijke werkingswijze den minsten hinder bij het bedrijf. De bedrijfszekerheid is wel wat minder dan bij de stoommachine, vooral bij het gebruik van zuiggasmotoren.

Men moet den verbrandingsmotor zooveel mogelijk bij volle belasting laten loopen, daar het verbruik per eff. PK-uur bij mindere belasting belangrijk toeneemt. Zoo bedraagt dit bij gasmotoren voor ¼ belasting wel 40% meer.

In tegenstelling met een stoommachine, welke bij meerderen stoomtoelaat een aanzienlijk grooter vermogen kan ontwikkelen (tot 50% meer), vermeerdert dat van een verbrandingsmotor niet veel meer, wanneer de toelaat wordt vergroot.

Bij overbelasting zal de verbrandingsmotor ook eerder stilstaan dan de stoommachine. Het aantal omwentelingen kan bij een stoommachine beter tusschen zekere grenzen worden veranderd dan bij den verbrandingsmotor, daar deze veelal nog van regulateurs zijn voorzien met het doel het aantal omwentelingen constant te houden.

In het algemeen worden de motoren verkocht op een vermogen, dat bij volle belasting ca. 25% grooter is. Bij kleine motoren wint in het algemeen de verbrandingsmotor het in economie van de stoommachine; bij grootere motoren van af 40 PK is het brandstofverbruik niet zooveel gunstiger en boven de 500 PK zeker niet, hetgeen ook uit de hierachter volgende tabel kan worden afgeleid.

Vergelijkende kosten van het brandstofverbruik bij stoommachines- en verbrandingsmotoren gerekend bij 300 *bedrijfsdagen van* 12 *uur of* 3600 *uren in het jaar en niet te ongunstige belastingen* (vóór den oorlog).

Vermogen der machine in E P K	Stoommachines: Verbruik per PK-uur in KG	Stoommachines: Prijs der kolen per ton in gld.	Stoommachines: Verbruikskosten in 3600 uur in gld.	Stadsgasmotoren: Verbruik van gas per PK-uur in Liter	Stadsgasmotoren: Prijs van 1 M³ gas in centen.	Stadsgasmotoren: Verbruikskosten in 3600 uur in gld.	Generatorgasmot.: Verbruik van Anthraciet per PK-uur in KG	Generatorgasmot.: Prijs van het anthraciet per ton in gld.	Generatorgasmot.: Verbruikskosten in 3600 uur in gld.	Olie (Diesel) mot.: Verbruik van olie per PK-uur in KG	Olie (Diesel) mot.: Prijs van de olie per KG in centen.	Olie (Diesel) mot.: Verbruikskosten in 3 600 uur in gld.
4	2,00	10	288	700	6	605	0,75	18	194	0,25	5	182
6	1,90	10	410	700	6	907	0,70	18	272	0,25	5	270
8	1,80	10	518	675	6	1 166	0,65	18	337	0,25	5	360
10	1,70	10	612	650	6	1 404	0,60	18	389	0,24	5	431
12	1,60	10	691	650	6	1 685	0,60	18	467	0,24	5	519
16	1,50	10	864	625	6	2 160	0,55	18	570	0,23	5	662
20	1,40	10	1 008	600	6	2 592	0,50	18	648	0,23	5	827
25	1,30	10	1 170	600	6	3 240	0,50	18	810	0,23	5	1 035
30	1,20	10	1 296	575	6	3 726	0,50	18	972	0,22	5	1 187
40	1,10	10	1 584	550	6	4 752	0,50	18	1 296	0,22	5	1 584
50	1,10	10	1 980	525	6	5 670	0,45	18	1 458	0,21	5	1 890
60	1,00	10	2 160	500	6	6 480	0,40	18	1 555	0,21	5	2 269
75	0,90	10	2 430	500	6	8 100	0,40	18	1 944	0,20	5	2 700
100	0,70	10	2 520	500	6	10 800	0,40	18	2 592	0,20	5	3600

De prijs der brandstoffen is evenwel van grooten invloed op de bedrijfskosten der motoren. Daar tegenwoordig de prijs der kolen en van het anthraciet hoog is (anthraciet circa f 55 per ton en 1 M³ gas ongeveer f 0,18) zullen de opgegeven vóór den oorlog geldende cijfers naar evenredigheid verandering moeten ondergaan.

Waar de afgewerkte stoom van een stoommachine wordt gebezigd voor verwarming en waar het bedrijf veel stoom vordert, is in elk geval de stoommachine voordeeliger. Evenwel kan ook het generatorgas voor verwarming worden gebezigd, wanneer een niet te abnormaal hooge temperatuur vereischt wordt. Daarbij is dan een inrichting voor stookgas noodig.

De verbrandingsmotoren vorderen een geregeld onderhoud en zijn aan meerdere slijtage onderhevig, zoodat men op deze machines een grooter bedrag af moet schrijven dan op de stoommachines (in den regel wordt een afschrijving van 9 à 10% gerekend).

De motoren eischen in het algemeen ook zwaardere fundeering; bij de stoommachine is de werking minder zwaar en stootend.

Nadeelen van de stoommachine blijven de aanwezigheid van ketel, ketelhuis en schoorsteen. Daarbij komt veelal de moeilijkheid den ketel in orde te houden bij hoogen druk, wanneer men onzuiver voedingswater heeft. Men moet dan bij meer dan 8 atm. stoomdruk oppervlakcondensor en ook olieafscheider bezigen.

Het bezwaar bij verbrandingsmotoren was tot nog toe de onmogelijkheid om de beweging van den motor op eenvoudige en absoluut zekere wijze om te keeren. Door constructie van omkeerbare schroeven, koppelingen, enz. is bij schepen hieraan tegemoet gekomen.

Keuze tusschen verschillende verbrandingsmotoren.

De keuze wordt hoofdzakelijk bepaald door de grootte en de kosten van het brandstofverbruik en den aard van het bedrijf. Heeft men een zeer onregelmatig bedrijf en kan men niet op goedkoope wijze over stadsgas beschikken, dan verdient een Diesel- of andere ruw-olie motor de voorkeur boven een zuiggas-installatie, daar deze minder bedrijfszeker is, eenige bediening vordert en meer plaatsruimte inneemt. Tot een vermogen van niet meer dan 20 PK bestaat bij aanwezigheid van stadsgas nog reden om een gasmotor te nemen (altijd in geval dit tegen billijken prijs verkrijgbaar is); anders neme men tot hoogstens 20 PK vermogen een petroleum- of oliemotor. Boven dit vermogen is bij regelmatig bedrijf een zuiggasmotor voordeeliger, niettegenstaande

de meerdere bedieningskosten, die evenwel in vele gevallen niet veel meer dan 2 uur per dag bedragen. (Zie ook nevenstaande tabel.)

De bediening is evenwel meer overzichtelijk dan bij den Diesel-motor, ofschoon de zuiggasmotor met zijn kleppen, ketel met reiniger en de verbindingspijpen dikwijls en goed schoongemaakt moeten worden. Het stoken en schoonhouden van het vuur vereischen tevens eenige routine.

Iedere zuiggasmotor is, mits voorzien van de noodige kranen, gemakkelijk op een stadsgasleiding om te schakelen. Een gasmotor te veranderen voor benzinegebruik is niet gemakkelijk en vereischt vakkennis; het vermogen gaat daarmede achteruit.

Een petroleummotor kan tot zuiggasmotor worden ingericht, waarbij hij in vermogen 8 à 10% zal vermeerderen.

Is het aantal werkuren per jaar niet groot, zoodat de brandstofkosten minder op de exploitatie drukken, dan is een benzinemotor boven een petroleummotor te verkiezen; bij doorloopende bedrijfstijden van 8-10 uur p. dag is een petroleummotor beter.

Een petroleummotor kan men zonder veel te veranderen met benzine laten loopen, maar dit is alleen voordeelig, als de benzine zeer goedkoop is ; benzine heeft wel boven petroleum voor, dat zij zindelijker is.

Waar de ruwe olie goedkoop is, kunnen o.a. de Dieselmotoren nog tot groote vermogens met de zuiggasmotoren concurreeren; evenwel zijn de goedkoopste brandstoffen, de z.g. gasoliën, niet voor elk systeem van motor geschikt. Zij bezitten namelijk een hoog vlampunt d.w.z. eischen een grootere warmte voor ontbranding. Men kan daaraan tegemoet komen door toevoeging van eenige percenten ruwe petroleum in de inblaaslucht, welke de verbranding van het geheele mengsel leidt. Ook kan deze geschieden door een bijzonder verzorgde regeling van den aanvoer van brandstof.

Prijzen en afmetingen van verbrandingsmotoren.

Kleine stadsgasmotoren, liggende. (Type Otto-motoren e. a., welke ook met benzine, benzol en spiritus kunnen worden gedreven):

Vermogen in PK	2¼	3	4	6	8	10	15	25
Omwentelingsgetal per minuut	300-350	300-350	300-350	250-330	240-330	230-300	220-280	200-250
middellijn riemschijf mM	200	300	350	400	500	550	—	—
Grootste lengte der machine mM	1 400	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 600	2 700
Grootste breedte der machine mM	900	900	950	1 050	1 150	1 300	1 500	1 600
Prijs van den motor met gloeibuisontsteking, enz. compleet in Gld.*)	600	750	950	1 100	1 250	1 400	1 600	2 000
Idem met magneetontsteking en zwaarder gebouwd voor koppeling aan dynamo's*).	—	850	1 060	1 220	1 370	1 500	1 700	2 150

Zuiggasmotoren:

Vermogen in PK bij gebruik van anthraciet	12	15	18	22	25	30	35	40	45
Omwentelingsgetal per minuut	280	250	250	250	240	230	230	215	215
Middellijn riemschijf mM . . .	600	850	950	1 000	1 200	1 400	1 500	1 600	1 700
Benoodigd oppervlak voor de zuiggas-installatie									
Grootste lengte mM	3 600	3 600	3 600	4 000	4 000	4 000	4 000	4 200	4 200
,, breedte ,, ...	2 800	2 800	2 800	3 000	3 000	3 000	3 000	3 300	3 300
Prijs van den motor compleet met magneetontsteking in gld.*)	1 800	2 200	2 500	2 700	3 100	3 500	3 800	4 200	4 800
Prijs van de zuiggasinstallatie zond gasreinigingstoestel in gld.*)	1 000	1 000	1 000	1 150	1 150	1 250	1 300	1 600	1 600
Met reinigingstoestel meer in gld.*)	110	110	110	140	140	175	175	330	335

*) Prijzen vóór den oorlog.

Petroleum- en ruwe-oliemotoren, staande (type Bronsmotoren e. a.)

Vermogen in PK	6	8	12	16	24	32
Aantal omwemtelingen per min. gemidd.	250-380	230-350	220-340	200-330	190-330	190-330
Grootste lengte mM	1 200	1 300	1 400	1 600	1 800	2 000
,, breedte ,, ...	900	900	1 000	1 100	1200	1 400
,, hoogte ,, ...	1 250	1 400	1 600	1 800	1 900	2 000
Prijs van den motor compleet in gld. *)	1 300	1 500	1 900	2 200	3 600	4 700

Idem, liggende; afmetingen als bij de gasmotoren.

Benzinemotoren zijn ongeveer 10% duurder dan petroleummotoren.

Snelloopende benzinemotoren voor booten en locomobielen met 1 tot 4 cilinders, overeenkomende met ongeveer 3½ PK per cilinder hebben gemiddeld 1000 omwentelingen per minuut.

Benzinemotoren, staande (type Benz. e. a)

Vermogen in PK	Eéncilinder				Dubbele	
	2	4	6	8	12	16
Aantal omwentelingen	460	440	420	400	420	400
Grootste hoogte mM	1 200	1 250	1 370	1 500	1 400	1 500
Gew. KG.	390	475	590	820	900	1 250
Prijs Gld. *)	550	700	800	1 000	1 500	1 800

Dieselmotoren, staande, (Type Werkspoor Amsterdam, e. a.)

De motoren met één cilinder worden uitgevoerd tot een vermogen van 100 PK, die met twee cilinders tot 200 PK, met drie cilinders tot 600 PK en met vier cilinders tot 1000 PK.

Eén-cilinder-motoren:

Normaal vermogen in EPK	20-25	25-30	30-40	40-50	50-65	65-80	80-100	100
Aantal omwentelingen per minuut	220-250	210-245	200-230	190-220	180-210	170-200	165-190	160
Lengte (asricht.) mM	2 400	2 600	2 850	3 000	3 250	3 650	3 650	3 850
Breedte ,,	2 500	2 700	2 900	3 100	3 300	3 500	3 600	3 800
Hoogte boven den vloer mM	2 425	2 600	2 800	3 100	3 300	3 600	3 900	4 250
Hoogte gewenscht voor montage mM	4 150	4 500	4 900	5 250	5 600	6 150	6 600	7 000
Fundeeringdiepte ,,	1 800	1 900	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500
Gewicht, ongev. KG .	4 500	5 800	7 300	9 300	12 000	16 000	20 500	25 500
Prijs, ongeveer gld. *) .	4 000	5 000	6 000	7 500	9 000	10 000	12 000	14 000

Twee-cilindermotoren:

Normaal vermogen in EPK	40-50	50-65	65-80	80-100	100-130	130-160	160-200	200
Aantal omwentelingen per minuut	220-250	210-245	200-230	190-220	180-200	170-200	165-190	160
Lengte (asricht.) mM	3 200	3 400	3 600	3 800	4 100	4 750	4 750	5 000
Breedte	2 500	2 700	2 900	3 100	3 300	3 500	3 650	3 800
Hoogte boven den vloer mM	2 425	2 600	2 800	3 100	3 300	3 600	3 900	4 250

*) Prijzen vóór den oorlog.

Normaal vermogen in EPK	40-50	50-65	65-80	80-100	100-130	130-160	160-200	200
Hoogte gewenscht voor montage mM	4 150	4 500	4 900	5 250	5 600	6 150	6 600	7 000
Fundeeringdiepte ,,	1 800	1 950	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500
Gewicht, ongev. KG .	8 100	10 500	13 000	16 500	22 000	29 000	36 000	46 000
Prijs, ongeveer gld. *)	8 000	9 500	10 000	13 000	16 000	20 000	24 000	24 000

Meer-cilindermotoren:

Vermogen in EPK	200	250	300	400	500	600	800	1 000
Omwentelingen per min.	275	275	250	230	230	215	200	190
Lengte (asricht.) mM	5 100	5 600	6 200	6 900	7 600	8 200	9 100	10 000
Breedte ,,	1 400	1 450	1 600	1 800	1 900	2 000	2 200	2 300
Hoogte ,,	2 700	2 900	3 100	3 400	3 600	3 800	4 100	4 500
Hoogte noodig voor montage mM	4 100	4 400	4 700	5 000	5 400	5 800	6 500	7 200
Gewicht, ongev. KG .	24 000	32 000	42 000	53 000	65 000	80 000	110 000	140 000
Prijs, ongeveer gld. *)	24 000	30 000	36 000	45 000	55 000	65 000	80 000	100 000

*) Prijzen vóór den oorlog.

Compressoren en toepassing van gecomprimeerde lucht.

Litteratuur.

H. J. Thorkelson. Air compression and transmission. Mc. Graw-Hill Book Co., New-York en Londen.
Adolf Hinz. Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren.
Karl Teiwes. Kompressoren-Anlagen insbesondere in Grubenbetrieben.
Prof. P. Ostertag. Die Entropietafel für Luft.
Prof. F. K. Ph. van Iterson. Compressoren. De Ingenieur 1920 nr. 11 bldz. 176.
Jos. M. Ford. High-Pressure Air-Compressors. Engineering 1916. blz. 393.

De meeste oude gascompressoren worden uitgevoerd in combinatie van een (stoom-) machine met één of meer compressorcilinders. Daarbij beweegt de machine in den compressorcilinder een zuiger heen en weer, welke het gas comprimeert. Bij luchtcompressoren wordt veelal gebruik gemaakt van een compound-stoommachine, waarbij de arbeid direct door de beide verlengde zuigerstangen in de compressorcilinders wordt afgegeven. Vaak vindt men ook, zooals bij ammoniak-koolzuur- en zwaveligzuur-compressoren den stoom- en compressorcilinder naast elkaar liggen, waarbij de arbeid door een krukas naar den compressor wordt geleid.

Daar de stoommachine de kleinste afmetingen krijgt en het meest economisch werkt bij een groot aantal omwentelingen en een groote gemiddelde zuigersnelheid, zal bij een gecombineerde compressormachine als boven, de compressor zelf ook aan een groot aantal slagen en groote zuigersnelheid moeten voldoen. Hierdoor blijven zelfs bij groot luchtverzet de afmetingen der compressorcilinders betrekkelijk klein.

Turbine-compressoren komen in den laatsten tijd meer in uitvoering; hoewel zij (± 10 %) meer stoom verbruiken, vorderen zij minder kapitaaluitgave dan de groote zuigermachines, terwijl zij in het bedrijf de voorkeur verdienen en ook electrisch kunnen worden aangedreven.

Bepaling van het arbeidsverbruik.

Het arbeidsverbruik van den compressor kan worden nagegaan uit het indicateurdiagram van den compressorcilinder, dat in fig. 1 schetsmatig is aangegeven en overeenkomt met het in omgekeerden zin doorloopen diagram van een stoommachine.

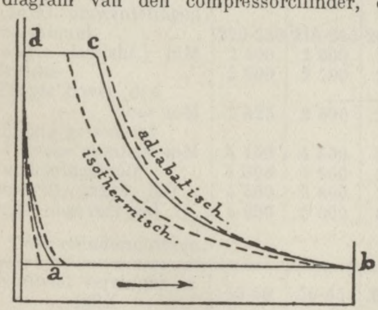


Fig. 1.

Bij den heengaanden slag van a tot b wordt gas ingezogen, dit bij teruggaanden slag volgens b c gecomprimeerd en van c tot d in de persleiding geleid. Bij den volgenden uitgaanden slag wordt het in de schadelijke ruimte gebleven gas geëxpandeerd van d tot a, zoodat eerst bij a weder het aanzuigen begint.

Wordt het gas adiabatisch samengeperst, waarbij de compressiearbeid als warmte in het gas opgenomen daarin blijft, dan loopt de druklijn b c snel op; comprimeert men isotherm, waarbij de ontstane warmte steeds onmiddellijk wordt afgevoerd en het gas koud blijft, dan loopt de druklijn langzamer op. Het door het oppervlak van het diagram bepaalde arbeidsverbruik wordt daarbij dus kleiner en de compressie voordeeliger hetgeen theoretisch ook op bldz. 429 werd aangevoerd. Ook de adiabatische expansie d a zal sneller dalen dan de isothermische.

De oudste compressoren zijn met isotherme compressie gebouwd, zooals de z.g. natte compressoren en half-natte, waarbij de gascilinder met water gevuld of be-

sproeid werd, dat moest dienen om de warmte af te voeren. De afkoeling door onmiddellijke aanraking met water heeft evenwel verschillende nadeelen, als vorming van zouten, vochtige lucht, ijsvorming, enz. ,terwijl zij bij snelloopende compressoren bezwaarlijk is toe te passen. Men zal bij de laatste adiabatisch moeten comprimeeren of gebruik maken van een trapsgewijze comprimeering in twee of meer cilinders, waarbij afgekoeld wordt gedurende den tijd, dat de lucht naar een volgenden cilinder stroomt.

Men comprimeert daarbij b.v. de lucht in een laagdrukluchtcilinder adiabatisch tot een lageren druk dan de benoodigde, perst haar dan in een receiver, waar de lucht door koelwater weder op haaroorspronkelijke temperatuur wordt teruggebracht en perst haar in een hoogdrukcilinder adiabatisch verder tot den verlangden einddruk. Op deze wijze wordt ook veel arbeid bespaard. Doordat in de receivers veel water wordt afgescheiden, krijgt men tevens droge lucht. Voor zeer hooge spanningen comprimeert men de lucht in meer cilinders. Wegens de mogelijkheid van ontploffingen van de olie mag de temperatuur in een cilinder niet boven een zekere grens oploopen; drievoudige compressie is ongeveer het toelaatbare maximum. In dit geval wijzen de achtereenvolgende cilinders dus de drukken aan van 3, 9, 27, 81, enz. atmosferen.

De trapsgewijze compressie met tusschenkoeling vindt tegenwoordig algemeen toepassing voor einddrukken van meer dan 4 atmosferen (effectief). Theoretisch wordt bij adiabatische compressie van 1 KG lucht van p_1 KG/cM² op p_2 KG/cM² met volume van v_1 en v^2 M³ verbruikt:

$$A = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left\{ \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} \text{ KGM.}$$

waarin $k = 1{,}41$. (Zie ook bldz. 429.)

Bij eenzelfde begintemperatuur of pv constant hangt de arbeid dus af van de compressieverhouding $\frac{p_2}{p_1}$.

In het algemeen rekent men naar gelang van de grootte van den compressor, dat bij een overdruk van ongeveer 6 atmosfeer per IPK der stoommachine 8 à 9 M³ atmosferische lucht per uur wordt aangezogen en gecomprimeerd.

Bepaling der luchtlevering.

De hoeveelheid geleverde lucht is gelijk aan de gewichtshoeveelheid aangezogen lucht, wanneer de compressor volmaakt dicht is. Deze aangezogen hoeveelheid hangt af van het volume, den druk en de temperatuur.

Het volume hangt af van de schadelijke ruimte in den compressor en neemt sterk af met het grooter worden van deze schadelijke ruimte. Dit wordt constructief vermeden door het weglaten van luchtkanalen en het toepassen van schuiven of kleppen; de oude methode, door de schadelijke ruimte met een vloeistof te vullen, is geheel verlaten wegens het daaraan verbonden gevaar. De werking der schadelijke ruimte kan ook worden gereduceerd door de beide cilinderruimten een oogenblik met elkaar in gemeenschap te stellen als de zuiger zich in zijn dooden stand bevindt (volgens *Weiss*), waardoor een drukvereffening wordt verkregen, maar het arbeidsverbruik van den compressor aanzienlijk grooter wordt.

Door het aanwezig zijn van de schadelijke ruimte is de compressieverhouding ook van grooten invloed op het volumetrisch nuttig effect en wel in dezelfde mate als de schadelijke ruimte. Bij vacuumpompen, waar de compressieverhouding soms zeer groot is, zal dit van grooten invloed zijn en bezigt men daarom de methode van drukvereffening, al gaat zij gepaard met meerder krachtsverbruik.

Door adiabatische expansie in den cilinder zal de druk sneller dalen en daardoor het volumetrisch nuttig effect grooter worden. Men moet om deze expansie te benaderen aan het afkoelende gas zoo weinig mogelijk warmte toevoeren, waartoe dekselkoeling noodig is; zuigerkoeling is practisch bezwaarlijk. In de practijk bereikt men bij een snelloopenden compressor bij ongeveer drievoudige compressie in den laagdrukcilinder een volumetrisch nuttig effect tot 90 à 95 %.

Is op het eind van den slag de druk in den compressiecilinder lager dan die der buitenlucht, dan geeft zij aanmerkelijk minder lucht af, terwijl het arbeidsverbruik toeneemt. Om de drukverlaging tegen te gaan, moeten de inlaatorganen ruimer doortocht bieden en de zuigleiding wijd zijn. Daar koude lucht zwaarder is dan warme, zal de lucht dus zoo koud mogelijk moeten worden aangezogen.

Bij warmere lucht wordt het arbeidsverbruik met eenzelfde percentage als de gewichtsvermindering van de lucht verhoogd, daar het bij adiabatische compressie onafhankelijk is van de temperatuur van het gas. Alle deelen als zuigkast, luchtkanalen en vooral cilinder en deksels moeten daarom van een sterke waterkoeling worden voorzien.

Typen van compressoren.

Onder de moderne compressoren vindt men:

De compressor van *E. W. Köster* gebouwd door de firma Pokorny en Wittekind te Frankfort a. M., Böckenheim en Neumann en Esser te Aken.

De express-compressor van *Riedler—Stumpf* gebouwd door de firma A. Borsig te Tegelen bij Berlijn.

De turbine-compressor van de firma Jaeger te Leipzig-Plagwitz, gebouwd door Gebr. Stork te Hengelo.

Toepassing.

Behalve voor ijs- en koelmachines vinden de compressoren toepassing voor het leveren van saamgeperste lucht. Voor arbeidsoverbrenging vindt saamgeperste lucht toepassing bij tunnel- en mijnbouw, rioleeringswerken, en in verschillende bedrijven. In de Limburgsche mijnen heeft dan ook de saamgeperste lucht van 7 atm. de electriciteit als beweegkracht verdrongen behalve wegens de meerdere veiligheid ook wegens de lagere bedrijfskosten. Luchtleidingen zijn goedkooper en lijden in mijnen minder dan electrische kabels, terwijl de behandeling van luchtmotoren minder kennis vereischt. Ondergronds maakt de groote overbrenging tusschen motor en werktuig het gebruik van electromotoren voor vele toepassingen ook omslachtig en kostbaar. Bij de Limburgsche mijnen wordt gerekend, dat globaal door lekkage van flenzen, slangen, kranen en boorafsluitkleppen 35 % van de gecomprimeerde lucht verloren gaat.

Werklocomotieven bij mijn- en tunnelbouw ontleenen haar drijfkracht aan lucht van 70 à 180 atm., welke door een reductieklep wordt gebracht tot een werkdruk van 2 tot 20 atm. In de Limburgsche mijnen wordt de druk van ongeveer 180 atm. tot 16 atm. gesmoord, waarbij slechts $^2/_5$ van het vermogen om arbeid te verrichten verloren gaat.

Boormachines bij tunnelbouw bezigen saamgeperste lucht van 5 à 7 atm.

IJsmachines en koelinrichtingen.

Litteratuur.

Het bewaren van ijs.	De Natuur 1883, bldz. 214.
H. J. Slijper.	De Compressie-koelmachines. Tweede druk met 81 figuren. Æ. E. Kluwer, Deventer. f 1,90, geb. f 2,90.
G. Behrend.	Eis- und Kälteerzeugungsmaschinen.
J. A. Ewing.	The mechanical production of cold. Cambridge University Press 1908.
G. Göttsche.	Die Kältemaschinen.
Ritchie Leask.	Refrigerating machinery.
J. Lefêvre.	Liquéfaction des gaz. Masson & Cie. Paris.
H. Lorenz u. C. Heinel.	Neuere Kühlmaschinen. Oldenbourg.
J. de Loverdo.	Le froid artificiel et ses applications.
A. Perret.	Les machines à glace et les applications du froid dans l'industrie.
R. Stetefeld.	Die Eis- und Kälteerzeugmaschinen. 2. Aufl. 1912/13. M. Waag, Stuttgart.
,, ,,	Kühlanlagen für Wohn-, Arbeits- und Versammlungsräume. Zeitschrift für Eis- und Kälte-Industrie 1910.
C. Venator.	Künstliche Kälte in Krankenanstalten. Zeitschrift für Krankenpflege und klinische Therapie 1909. nr. 9—12.
W. van West.	Koelmachines aan boord van zeeschepen. Æ. E. Kluwer, Deventer.

Systemen.

De koude kan langs *scheikundigen weg* of langs *natuurkundigen weg* worden opgewekt. De eerste methode berust op het gebruik van koudmakende mengsels als: sneeuw en alcohol (73 gram sneeuw en 77 gram absol. alcohol); glauberzout en zoutzuur; (8 gew. dln. Na_2SO_4 en 9 gew. dln. HCl geven een temperatuursverlaging van 10° C. tot —18° C. of 28°).

Een mengsel van stukjes ijs en keukenzout in de verhouding van 2 op 1 gew. dln. geeft een afkoeling tot —20° C.

Ammoniumnitraat en water geeft een afkoeling van 25° C.

De machines, welke langs natuurkundigen weg werken, kunnen worden verdeeld in:

1. *Luchtexpansiemachines* of *koude-lucht-machines.*

D.z. machines, waarin de koude wordt voortgebracht door uitzetting van lucht. De werking is in het kort als volgt: In een cilinder wordt lucht samengeperst; daardoor zullen druk en temperatuur rijzen. Wordt deze lucht afgekoeld tot een temperatuur iets boven die van het uittredende koelwater en laat men deze lucht verder in een tweeden cilinder uitzetten tot een druk ongeveer gelijk aan dien van den dampkring, dan is een aanzienlijke temperatuursverlaging daarvan het gevolg. De werkingsgraad is gering en de machines worden daardoor voor groote installaties niet meer gebezigd.

2. *Verdampingsmachines.*

D.z. machines, waarbij de koude wordt opgewekt door verdamping van vloeistoffen. Hiervoor gebruikt men water en vloeistoffen met een laag kookpunt.

Het water wordt toegepast bij de z.g. vacuum-ijsmachines van Carré en Windhausen, waar een luchtpomp een luchtledig van 1 à 2 mM kwikdruk schept en de waterdamp geabsorbeerd wordt door zwavelzuur. Men gebruikt deze machines voor het maken van ijs in het klein.

De machines werkende met vloeistoffen met een laag kookpunt kunnen worden verdeeld in:

a. met absorptieapparaat.

Hierbij wordt uitsluitend gebruik gemaakt van ammonia (NH_3) opgelost in water; andere stoffen als zwaveligzuur hebben tot geen practische resultaten ge-

leid. Door verhitting met brandstof of stoom wordt uit het water de (NH_3) verdreven en komt dit onder zekeren druk in een pijpensysteem (condensator), waarom koelwater circuleert. De ammoniak wordt hier onder eigen druk en afkoeling vloeibaar en gevoerd naar een 2de pijpensysteem (verdamper), waarin het weer gasvormig wordt en een lage temperatuur ontstaat. Deze wordt overgedragen aan een zoutoplossing, waarin zich de verdamper bevindt en waarin ook de bussen met water voor ijsfabricage geplaatst zijn. De gasvormige ammonia laat men in water absorbeeren, waarna deze oplossing geperst wordt in den ketel, waarin zich de oorspronkelijke ammoniaoplossing bevond.

In economie staan deze machines ten achter bij de compressie-ijsmachines en zij worden bijna niet meer gebouwd. Alleen wanneer men beschikking heeft over afgewerkten stoom of -gassen, zooals in kleine brouwerijen en eenige chemische bedrijven kunnen zij nog met eenig voordeel worden gebruikt.

b. met compressiepompen.

(de eenige voor de industrie geschikt).

De werking van de compressiekoelmachines is, zie ook bldz. 900, in hoofdzaak als volgt:

Een dubbelwerkende zuigperspomp (compressor) perst het gasvormig medium in den condensor, waar koelwater in en uitstroomt. Het hier vloeibaar geworden gas stroomt naar den verdamper (generator), waar het bij het verdampen de warmte onttrekt aan de omgeving (direct of zoutoplossing).

Men heeft bij de compressiemachines altijd in meer of mindere mate gasverlies, voornamelijk door de stop- of werkbus van den compressor. Deze wordt vermeden bij de constructie van de machine van *Lebrun* te Nimy en bij die volgens de uitvinding van *Audiffren* waarbij geen stopbus, kranen en pijpverbindingen voorkomen. (Zie bij zwaveligzuurmachines.)

Als koude verwekkend medium komen voornamelijk in aanmerking ammoniak, zwaveligzuur, koolzuur en chloormethyl. De zwaveligzuur-compressiemachines geraken meer en meer op den achtergrond; bij voorkeur worden ammoniakmachines toegepast en waar men weinig ruimte heeft koolzuurmachines, zooals op schepen, enz.

Voor het verdichten is bij verschillende temperaturen de volgende druk noodig:

Ammoniak:

temperatuur ° C . .	—5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+130 (krit. temp.)
druk in den condensor		6,07	6,9	8,51	9,8	11,62		115 atm. absol

Zwaveligzuur :

temperatuur ° C . .	—5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+155°,4 (krit. temp.)
druk in den condensor	—	2,26	2,81	3,35	3,96	4,66	5,46	78,9 atm. absol.
id. ,, ,, verdamper	1,29	1,04	0,83	0,65	0,51	0,39	—	— ,, ,,

Koolzuur:

temperatuur ° C . .	—5	+10	+15	+20	+25	+20	+30°,92 (krit. temp.)
druk in den condensor		45,95	51,6	58,8	65,4	73,1	77 atm. absol.
id. ,, ,, verdamper	31	27,1	23,5	20,3	17,5	15	— ,, ,,

In de practijk komt men met diverse machines hoogstens op de volgende rendementen per PK:

ammoniakmachines	3,90	minuscalorieën.
zwaveligzuur ,,	3,35	,,
koolzuur ,,	3,00	,,

Ammoniakmachines.

Compressieammoniakmachines.

Voordeelen van de ammoniakmachines boven de andere machines zijn:

1. klein brandstofverbruik
2. minder koelwaterverbruik
3. gering ammoniakverbruik (niet meer dan 70 à 80 KG per jaar voor de grootste machines en ± 10 KG voor de kleinste)
4. eenvoudige inrichting en zekerheid; geen gevaar voor ontploffing.

De benoodigde spanningen voor den vloeibaren ammoniak zijn:
bij welwater van 10° 7 atmosfeer
,, koelwater ,, 27° 12 ,,
Ammoniak tast evenwel koper aan.

Vermogen der machines.

Effectief i/d verdamper gemeten afkoeling in calorieën per uur.	van + 10° tot 0° C	2 400	6 000	12 000	26 000	48 000	96 000	180 000
	,, + 5° ,, 0° C	2 200	5 600	11 000	24 000	45 000	90 000	165 000
	,, — 2° ,, —5°	2 000	5 000	10 000	22 000	40 000	80 000	150 000
Krachtverbruik v/d compressor	in PK	1¼	2½	4	7	12	24	42
,, ,, de apparaten	in PK	1/5	½	1¼	2½	3½	6	9
Benoodigd koelwater per uur bij een temperatuur van 10° C in M³.		0,3	0,7	14	3,1	5,6	11	21

De Apeldoornsche Machinefabriek voorheen Loog Landaal vervaardigt horizontale dubbelwerkende ammoniakcompressors met kleppen in den cilinder, welk type zich beter aanpast aan de oververhitte werkwijze, welke in de practijk voordeeliger is gebleken dan de vroeger meer gebruikelijke natte compressie. Verder is daarbij de kans op vloeistofslagen uitgesloten. Een beperking van de schadelijke ruimte tot een minimum, hetgeen bij andere typen het hoofddoel was, behoeft bij de oververhittingswijze ook niet meer.

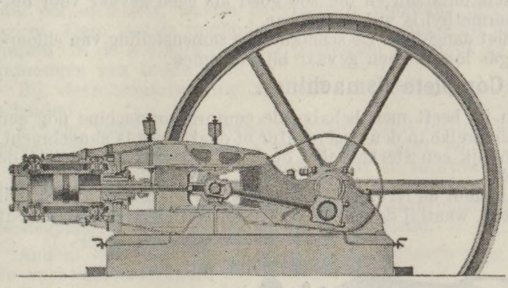


Fig. 1.

Fig. 1 geeft een doorsnede van den compressor weer.

De N.V. Grasso's Machinefabrieken te 's-Hertogenbosch maakt staande ammoniakcompressoren met één cilinder in capaciteiten van 1000—12 000 calorieën en met twee cilinders in capaciteiten van 15 000—25 000 calorieën.

Ammoniakabsorptiemachines worden meestal alleen voor kleine koudemengsels gebouwd.

Zwaveligzuurmachines.

Compressiemachines.

De werking gelijk bij de ammoniakmachine.

Voordeelen zijn:

1. het gas is niet brandbaar.
2. ,, ,, tast in zuiveren toestand bijna geen metalen aan, ook geen koper,
3. ,, ,, varandert niet in constitutie,
4. ,, ,, smeert zichzelf,
5. lage prijs, ongeveer 1/10 van die van watervrij ammoniak,
6. het gas is ruikbaar.
7. geringe druk (2—2½ atm.); bij stilstaan van de machine effent zich de druk tot ongeveer 0,6 atmosfeer,
8. weinig kolen- en koelwaterverbruik.

Tot de compressiemachines behoort ook de koelmachines van *Audiffren*, een bijzonder soort van compressiemachine, waarbij gasverliezen zijn vermeden en geheel geen stopbus, kranen en pijpverbindingen voorkomen. Verdere voordeelen beven de gewone compressiemachine zijn:

1. de machine vereischt minder drijfkracht, omdat er minder bewegende deelen zijn en welke geheel in olie loopen,
2. de machine is zelfs na langdurigen stilstand zonder eenige voorbereiding dadelijk gereed om te werken,

3. de montagekosten zijn gering en het werktuig kan door ieder direkt in werking worden gebracht,

4. De onderhoudskosten zijn gering en bepalen zich tot het smeren van twee lagers. De machines worden gebouwd tot een maximum productie van 50 KG ijs per uur.

Koolzuurmachines.

De koolzuurmachines hebben kleine compressoren noodig en nemen daardoor weinig plaatsruimte in. Zij werken evenwel met hooge drukkingen, zoodat de verliezen groot kunnen zijn. Daar de kritische temperatuur van CO_2 ongeveer 31 °C. bedraagt en het bij deze temperatuur al niet meer vloeibaar te maken is, zijn de machines voor de tropen niet geschikt. Het geringere rendement doet de machine bij de ammoniakmachine achterstaan, terwijl het werken met het reuklooze vergiftige gas voor de omgeving eenig gevaar kan opleveren.

Chloormethylmachines.

Chloormethyl vormt gecomprimeerd een kleurlooze vloeistof, waaruit bij verdamping geen ontplofbare mengsels ontstaan en die zoo goed als geen gevaar voor ontvlamming oplevert. Het chloormethyl is wel brandbaar.

Metalen als koper worden niet aangetast. De scheikundige samenstelling van chloormethyl verandert niet. Het gas levert geen gevaar bij inademen.

Complete ijsmachines.

Voor het vervaardigen van ijs heeft men behalve de compressormachine nog een condensator en een refrigerator, welke in den ijsgenerator of daarboven is aangebracht. De refrigerator brengt gewoonlijk een sterke pekel op lage temperatuur, welke de verschillende ijscellen omgeeft.

Een kleine ijsmachine zooals door de N.V. Grasso's Machinefabrieken in den handel gebracht is in fig. 2 voorgesteld, waarbij de compressor door een electromotor wordt aangedreven.

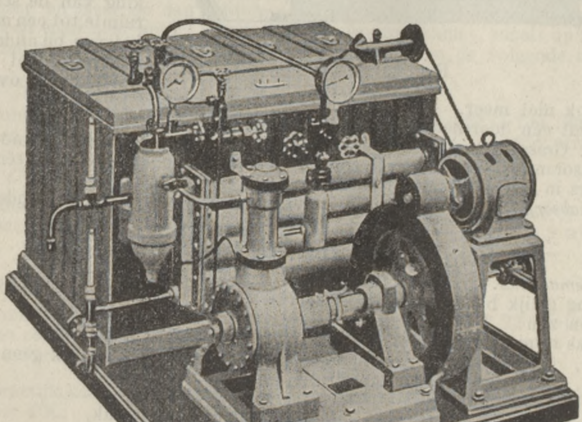


Fig. 2.

Koelhuizen.

Deze kunnen verdeeld worden in twee hoofdgroepen:

1. die, welke men bij abattoirs vindt en bijna uitsluitend dienen tot berging van vleesch.

2. die, welke dienen tot het opslaan van allerlei artikelen in koel- en vrieskamers, zoogenaamde koelpakhuizen.

De lage temperatuur kan worden verkregen: a) door het plaatsen van verdamper- of zoutwaterbuizen, waarlangs de lucht door natuurlijke circulatie strijkt en afgekoeld wordt; b) door het door houten kanalen inbrengen van droge koude lucht, welke wordt verkregen door het laten strijken van de lucht door een regen van zout koelwater of door zoogenaamde luchtkoelers.

De koeling der ruimten door middel van zoutwater (indirecte koeling) is reeds verouderd in vergelijking met de directe koeling zonder zoutwater door middel van luchtkoelapparaten, zooals het systeem Fixary. Het voordeel van deze laatste is ook, dat de uit de koelruimte ontnomen vochtigheid en de zich daarin bevindende onreinheden als „rijp" aan de buizen van het koelapparaat worden vastgehouden en hieruit te verwijderen zijn.

Voor kelderkoeling en bij bierbrouwerijen wordt meestal de in den generator afgekoelde zoutwateroplossing door middel van circulatiepompen ooor opgehangen koelbuisstelsels gepompt; in den laatsten tijd bezigt men voor brouwerijkelders ook buizenstelsels, waarin de vloeibare ammonia direct tot verdamping gebracht wordt. Deze laatste methode wordt ook gevolgd bij de vrieskamers van koelpakhuizen; in de koelkamers dezer pakhuizen geschiedt de afkoeling alleen door het inbrengen van koude lucht.

Bij vleeschconserveering zijn naar de temperatuur twee methoden te onderscheiden:

1. die, waarbij het vleesch bewaard wordt in betrekkelijk droge lucht van 2—3° boven nul, waarin het 6 à 8 weken goed blijft, en

2. die, waarbij het bewaard wordt in lucht van 5—10° beneden nul, waarin het vele maanden in bevroren toestand kan blijven.

De eerste methode vindt bij stedelijke slachtplaatsen toepassing, de laatste bij opslagplaatsen van vleesch zooals in Engeland.

Andere levensmiddelen vorderen voor conserveering verschillenden koudegraad en vochtigheidstoestand der gekoelde lucht.

Het *vermogen* der koelmachines heeft betrekking op de effektieve in den verdamper gemeten koudevorming in het afgekoelde zout- of zoetwater of op de in het luchtkoelapparaat afgekoelde gedroogde lucht.

Bouw van koelhuizen.

De koelhuismuren zijn veelal van 2 tot 3 luchtspouwen of van isoleerende lagen voorzien. Hoewel rustige lucht een voortreffelijk isoleermiddel is, heeft door de poreusheid van het metselwerk toch luchtbeweging plaats en wordt de isolatie daardoor verzwakt. In den laatsten tijd vult men de spouwen op met sintels, bimskies of kurkplaten. Het beste is een bekleeding met kurkplaten, melke met een vochtwerend middel zijn begoten (evenwel geen creosoot of paraffineolie). De binnenzijde der muren moet met een goed cement of waterkalkpleisterlaag worden bestreken. Het vulmateriaal moet vooral reukeloos zijn.

De vloeren kunnen op ongeveer gelijke wijze worden behandeld. Men neemt veelal lagen van beton van ± 10—15 cM dikte met één of twee lagen van gietasphalt van ± 2 cM dikte afgewisseld.

De afdekking der koelruimte geschiedt het beste door een zoldering van gewapend of ongewapend beton of metselwerk, waarop een deklaag van 0,20 tot 0,40 Meter bimszand of sintels.

Het dak is practisch als houtcementdak uit te voeren, waarop een grasbeplanting (zoden) kan worden gelegd, waardoor de zonnewarmte tevens wordt afgehouden. Tegen vensters met direct zonlicht moet worden gewaakt. Electrisch licht is na daglicht het beste.

Electrische Stroomstelsels. [1])

Litteratuur.

Prof. C. L. v. d. Bilt. Beknopt handboek der electrotechniek, 2e druk, 2 dln. 1913. J. Waltman Jr. te Delft, geb. f 9.50.
Irs. Isbrücker en Drucker. Leerboek der Electrotechniek. Nijgh & van Ditmar, Rotterdam. 1920.
Ir. J. M. Steffelaar. Gelijkstroomschema's voor electrische Sterkstroominstallaties, Æ. E. Kluwer, Deventer f 3.95.
G. J. Harterink en Chr. van der Steen. Schakelschema's voor electr. lichtinstallaties.
Fritz Hoppe. Wie stellt man Projekte, Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für electr. Licht- und Kraftanlagen auf? Barth, Leipzig.
K. Strecker. Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Verlag Julius Springer, Berlijn
A. Thomälen. Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik, Verlag Julius Springer, Berlijn.
Klingenberg. Bau groszer Elektricitätswerke. IIer Band. Verteilung elektrischer Arbeit über grosze Gebiete.
Kosack. Elektrische Starkstromanlagen. Verlag Julius Springer, Berlijn.

Men onderscheidt *gelijkgerichte* (gelijkstroom), welke zonder richtingsverandering voortdurend van de eene pool naar de andere vloeit, en *wisselstroomen*, welke in sterkte en in richting volgens vaste wet zeker aantal malen per tijdseenheid veranderen. Bij beide spreekt men van *lage* spanning, wanneer deze minder dan 300 Volt en van *hooge* spanning, wanneer deze meer bedraagt.

Gelijkstroom.

Voordeelen van gelijkstroom. Het grootste voordeel van gelijkstroom is, dat men de electrische energie in accumulatoren kan verzamelen. Een ander voordeel is, dat de gelijkstroommachine zeer economisch werkt en zich willekeurig laat inschakelen. Gelijkstroombooglicht brandt economisch, rustig en geruischloos. Bij gelijkstroommotoren kan het aantal omwentelingen willekeurig veranderd worden. Gelijkstroom kan worden gebezigd voor electrolytische doeleinden.

Nadeelen. De centrale moet zoo dicht mogelijk bij de plaats van verbruik liggen. Verandering in spanning is alleen mogelijk door dure, roteerende omvormers met betrekkelijk laag nuttig effekt.

Wisselstroom.

De tijdsruimte tusschen het ontstaan en verdwijnen van elken in richting veranderenden stroom heet een *wisseling*, de dubbele tijdsruimte een *periode*. De zoogenaamde *frequentie* van wisselstroommachines bedraagt tegenwoordig meestal 50 perioden per secunde. Voor inrichtingen van uitsluitend krachtbedrijf bezigt men op zekere technische gronden de geringe frequentie van 25 perioden of minder. Twee wisselstroomen hebben gelijke *phase*, wanneer zij gelijktijdig hun hoogste waarde verkrijgen, waarbij het beeld van den stroom volgens een golflijn wordt voorgesteld.

Bij gelijk periodengetal kan men wisselstroomen van verschillende phase gezamenlijk vereenigen en men spreekt dan van *meerphasen wisselstroom* en van zoogenaamden *draaistroom*, wanneer het *driephasenstroom* betreft.

De frequentie is van het omwentelingsgetal van het anker in het magnetisch veld afhankelijk. Voor een voor het oog constanten lichtindruk zijn volgens ervaring 100 wisselingen per secunde of 50 perioden van den stroom voldoende. De wisselstroomsterkte is alleen als een gemiddelde uit te drukken; daar alleen de *middelbare* of *effectieve* wisselstroomsterkte is te meten, dat is die sterkte, welke

---

[1]) Zie ook bladz. 136 bij Eenheden enz.
en bladz. 436 bij Natuurk. Gegevens.

overeenkomt met de waarde van den gelijkstroom, die in denzelfden tijd in een inductievrijen weerstand evenveel arbeid zou verrichten als de wisselstroom, wordt deze algemeen bij de berekening aangenomen. Een weerstand is inductievrij, wanneer daarin door den wisselstroom geen magnetische krachtstroomen worden opgewekt, zooals bij enkel gloeilampenaanleg. Hierbij is de stroomsterkte elk oogenblik met de stroomspanning in gelijke phase. Overal waar condensatoren, of zelfinductie door wikkelingen en ijzerkernen (drosselspoelen) voorkomen, is de weerstand niet meer inductievrij, hetwelk ten gevolge heeft, dat de grootste stroomsterkte niet meer op hetzelfde oogenblik plaats heeft, waarop de grootste spanning heerscht. In dat geval geldt ook niet meer de wet van Ohm, maar kan deze worden gebruikt door een *schijnbaren weerstand* aan te nemen (bldz. 441 en 444.) Condensatoren vervroegen en de zelfinductie vertraagt den stroom tegenover de electromotorische kracht der wisselstroommachine Deze verschuiving van het oogenblik, waarop de stroomsterkte en spanning maximum worden, heet *phaseverschuiving*. In de practijk beweegt zich deze tusscher 0 en 90 graden.

Het effect van een wisselstroom of het product van de electromotorische kracht en de stroomsterkte is wegens het wisselen van beide factoren niet standvastig. Men neemt daarvoor weder het gemiddelde van alle effecten gedurende een halve periode. Hierop is weder de phaseverschuiving van grooten invloed. De cosinus van het phasenverschil noemt men den *phasenfactor*, zoodat het effect wordt uitgedrukt door spanning × stroomsterkte × phasenfactor. De verhouding tusschen de door den stroom tengevolge van de phaseverschuiving minder geleverde energie en de uit het product van stroomsterkte en spanning berekende, wordt uitgedrukt door een zoogenaamden *arbeidsfactor* cos. φ. De waarde van dezen factor ligt in de practijk tusschen 0,60 en 1,00 en hangt geheel af van de belasting. Bij motoren is cos φ kleiner bij geringer belasting.

Voordeelen van wisselstroom. Men is niet gebonden aan afstanden, zoodat de centrale op grooteren afstand van het verbruiksgebied kan liggen. Het verdeelingsgebied kan bij hooge spanning daarbij zeer groot zijn. De koperdoorsnede der leidingen kan tengevolge van de hooge spanning in het net gering zijn.

Wisselstroombooglampen kunnen ook afzonderlijk branden zonder aanzienlijk energie-verlies. Wisselstroom kan gemakkelijk getransformeerd worden in hooge spanning en terug op verbruiksspanning (lage spanning). Plaatselijke versterking kan door middel van voeding uit het hoogspanningsnet gemakkelijk geschieden.

Nadeelen. Aan de hooge spanning zijn nadeelen verbonden (gevaar, enz.). Moeilijkheden bij parallelschakeling van wisselstroommachines. Kortere levensduur der gloeilampen. Geringer lichteffect bij wisselstroombooglampen. Moeilijke isoleering der leidingen. Tengevolge van de phaseverschuiving onvolledig gebruik der koperdoorsnede. Bij wisselstroom kunnen geen accumulatoren gebezigd worden, zoodat bij geringe belasting de machine moet blijven doorloopen.

Toegepaste wisselstroomstelsels.

Het *éénphasenstelsel* wordt zelden gebezigd. Het geeft voordeelig koperverbruik en wordt alleen toegepast voor verlichting op groote afstanden ,daar het voor krachtoverbrenging niet is aan te bevelen. Men kan daarbij de verschillende lampen in serie schakelen. (Noord-Oostzeekanaal en kanaal Terneuzen—Sas van Gent.)

Het *tweephasenstelsel* vindt geen toepassing meer. Hierbij wordt in drie leidingen stroom opgewekt, weke in twee der leidingen ten opzichte van den stroom in de derde leiding 90° in phase verschoven is, doch daarmede gelijk spanningsverschil heeft. Is de phasespanning E_p dan is dit spanningsverschil $E_p \sqrt{2}$.

Het tweephasenstelsel bezit het voordeel, dat de beide electrische stroomen voor langeren of korteren tijd buiten verband kunnen worden gebracht, hetgeen het onderzoek van storingen mogelijk maakt en meerdere zekerheid geeft.

Het *driephasenstelsel* of *draaistroomstelsel* staat boven alle andere phasenstelsels en wordt algemeen toegepast. Men heeft hierbij drie leidingen, waarin gelijke spanningen heerschen, welke 120° in phase verschillen. De wikkelingen van den generator, welke deze phasestroomen opwekken, kunnen op verschillende wijzen worden gekoppeld.

De driephasenstroom geeft de eenvoudigste bediening, waarbij een gemakkelijke reguleering van den stroom en de voordeeligste koperdoorsnede.

Keuze der bedrijfsspanning en stroomsoort.

Voor de verlichting op kleine afstanden kieze men gelijkstroom van een spanning van 110 Volt, op grootere afstanden 220 of 2 × 110 Volt en drieleidernet. Bij nog grootere

afstanden 2×220 Volt en drieleidernet. De 110 Volt-aanleg is minde korstbaar, bedrijfszekerder dan die van 220 Volt en geeft een economisch gebruik voor gloei- en booglampen. Gelijkstroom wordt ook wel bij krachtinstallaties genomen en dan met 220 Volt. Wanneer de arbeidswerktuigen met een binnen zeer wijde grenzen regelbaar toerental moeten werken (drukkerijen, papierfabrieken, enz.). Verder in het geval de belasting aan groote schommelingen onderhevig is (kranen, walswerken, trams), waarbij door het inschakelen van een bufferbatterij de belasting kan worden vereffend en kleinere generatoren gebezigd.

Voor electro-chemie, electrolyse, booglampen, bioscopen en magnetische toepassingen is ook de gelijkstroom het deelmatigst evenals op schepen.

Draaistroom past men toe voor groote en uitgebreide installaties met vele motoren. Als generatorspanning is dan 500 Volt voordeelig, welke voor verlichting op 110 Volt te brengen is of 220 Volt voor licht en kracht. Voor constante toerental of belasting is draaistroom zeer doelmatig (weverijen, spinnerijen, enz.). Door verbetering van de regelbare draaistroommotoren kan men ze ook in bedrijven met regeling van het toerengetal binnen vèrgaande grenzen toepassen. Voor kleinen aanleg is gelijkstroom nog te verkiezen en wel wanneer voor verlichtingsdoeleinden een accumulatorenbatterij genomen wordt en de bijzondere opstelling van een draaistroomgenerator te kostbaar wordt.

De voor lichtaanleg gebruikelijke spanning van 110 of 220 Volt kan nog worden gebezigd voor motoren van 100 tot 200 KW; met het oog op de doorsnede der leidingen kieze men evenwel voor motoren van grooter vermogen dan 20 KW hoogere spanningen. Door het Verband Deutscher Elektrotechniker is de volgende spanningserie vastgelegd:

vermogen	3 tot 300	8 tot 400	20 tot 2000	25 tot 3000	70 tot 5000 KW
spanning	500	1000	2000	3000	5000 Volt.

Voor het overbrengen van energie op groote afstanden neme men steeds hoogspanningswisselstroom, welke op de verbruiksplaatsen in lage spanning kan worden getransformeerd voor licht of kleine motoren.

Bij niet te groote afstanden kan ook een 2 × 220 of 500—600 Volt gelijkstroomspanning worden toegepast, evenals voor de levering van stroom aan trams en dergelijken. Neemt men in het voedings- en verdeelingsnet een zeker spanningsverlies aan, dat men als maximum wil toelaten, dan kan men het kopervolume van het net bepalen, daar voor elke leiding geldt:

$$\text{doorsnede} = 0{,}035 \times \frac{\text{lengte in Meter} \times \text{stroomsterkte in Amp.}}{\text{spanningsverlies (Volt)}}$$

Het spanningsverlies wordt zoo genomen, dat de bedrijfskosten een minimum worden. Deze bedrijfskosten zijn de kosten van de energie, die verloren gaat, vermeerderd met de afschrijving en rente van het aanlegkapitaal.

Men kan de spanningsverliezen in de voedingslijnen op 10—15 % (bij wisselstroom van hooge spanning op 2—5 %) en in de verdeelingslijnen op 1,5—2,5 % van de lampenspanning bij maximum belasting aannemen.

Grootere spanningsverschillen in de voedingslijnen verminderen den levensduur der lampen en geven groote verschillen in lichtsterkte.

Het is in het algemeen economisch de spanning in het net zoo hoog mogelijk op te voeren, daar de energieverliezen daarbij minder worden en meestal de aanlegkosten ook.

Generatoren en electromotoren.

Litteratuur.

E. Arnold. Die Gleichstrommaschine. 2 Bände. Springer. Berlijn.
,, Die Wechselstromtechnik in 5 Bänden. Springer. Berlijn.
,, Die Ankerwicklungen und Ankerkonstruktionen der Gleichstrom-Dynamomaschinen.
W. Slagter. Wisselstroomen en wisselstroommachines.
Gisbert Kapp. Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom. Springer. Berlijn
Jul. Heubach. Der Drehstrommotor. Springer. Berlijn.
Ir. K. H. Haga. De Dynamo. Æ. E. Kluwer. Deventer prijs f 3.50.
Ir. I. Flesseman Jr. en Ir. D. H. Stigter. De Electromotor. Æ. E. Kluwer. Deventer, prijs f 2,75.

Dynamo's.

Men onderscheidt generatoren met *afzonderlijke* en *eigen-* of *zelfbekrachtiging* der veldmagneten (dynamo's). Bij de eerste blijft de opgewekte electromotorische kracht bij constante bekrachtiging en snelheid onveranderd en onafhankelijk van de belasting (de klemspanning echter niet); bij de laatste is de belasting van invloed, ook op de opgewekte electromotorische kracht.

Men heeft ankers met *gesloten* en *open* wikkeling. Naar de plaatsing der veldmagneten buiten of binnen het anker onderscheidt men *buitenpool-* en *binnenpoolmachines*.

Gelijkstroom-dynamo's.

De gelijkstroom-dynamo's zijn tegenwoordig bijna uitsluitend buitenpoolmachines en wel met roteerend anker en stilstaande veldmagneten, terwijl voornamelijk zelfbekrachting (opwekking door eigen stroom) plaats heeft.

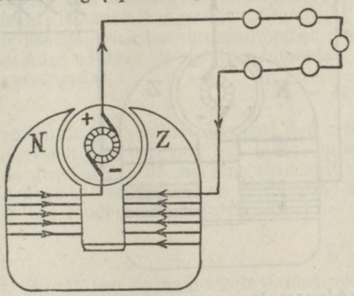


Fig. 1. Schema seriedynamo.

Serie-dynamo's (hoofdstroommachines) schema fig. 1, bezitten een doorgaande stroomketen en zenden den gezamenlijken in het anker opgewekten stroom, vóór hij in het net overgaat, door de wikkeling der veldmagneten in zoogenaamde serieschakeling. De geheele stroomketen moet dus gesloten zijn, wil de dynamo op spanning komen. De machine kan alleen gebruikt worden, waar steeds een constante stroomsterkte gevraagd wordt, daar dan alleen de electromotorische kracht der machine constant gehouden kan worden. Worden in de buitenketen stroomafnemers uitgeschakeld, dan kan de spanning geregeld worden op drie wijzen:

1. door een regelweerstand met de veldwikkeling parallel te schakelen,
2. door het inschakelen van een regelweerstand in de uitwendige keten,
3. door het veranderen van het aantal omwentelingen.

De machines, *alleen geschikt voor constante stroomsterkte*, vonden vroeger veel toepassing bij verlichting met meerdere achter elkaar geschakelde booglampen, alsook voor krachtoverbrenging bij serieschakeling der motoren (Thury-systeem).

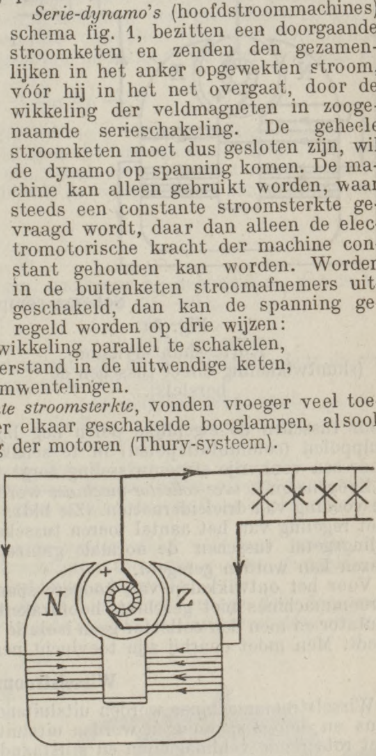


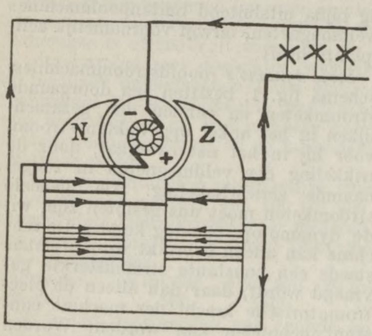
Fig. 2. Schema shuntdynamo.

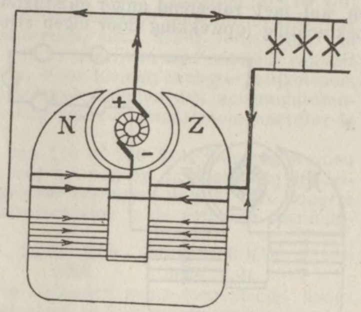
Bij de *shuntmachine* (*nevenstroomdynamo*) schema fig. 2, verdeelt zich de ankerstroom zoowel over het leidingsnet als over de paralell geschakelde magneetwikkeling van de machine. De dynamo wekt dus steeds spanning op onafhankelijk van de inschakeling van de buitenketen. De veranderingen in de stroomsterkte in de buitenketen zijn slechts van geringen invloed op die der magneetwindingen, zoodat de spanning weinig verandert. De spanning kan constant worden gehouden door de stroomsterkte in de magneetwindingen met een regelweerstand te regelen. Een geringe spanningsverandering kan ook worden verkregen door sterke verzadiging van een gedeelte der magnetische keten (lichtdynamo's). De machine vindt toepassing in gevallen, waar ongeveer *constante spanning bij veranderlijke stroomsterkte* gevraagd wordt, zooals bij verlichting, voor het laden van accumulatoren en voor electrolyse.

De *compound-machine* (schema fig. 3a en 3b) is eigenlijk een combinatie van de beide hiervoren genoemde machines en bezit twee tegenover elkaar liggende magneetwikkelingen. Deze zijn zóó aangebracht, dat de daling van spanning tengevolge van de afname van stroomsterkte in de shuntwindingen gelijk is aan de toename van spanning tengevolge van den sterkeren stroom in de seriewindingen, waar-

door de klemspanning ongeveer constant blijft. De machine vindt toepassing voor verlichting zonder accumulatorenbatterij, bij electrische trams en overal, waarbij het op constante spanning aankomt bij sterk wisselende belastingen. Toch is de toepassing beperkt gebleven, daar de klemspanning bij deze machine bij plotselinge veranderingen in belasting, aan schommelingen onderhevig is, hetgeen zijn oorzaak vindt in de momenteele verandering van de snelheid van het krachtswerktuig, daar zijn regulateur niet direct op alle belastingsvariaties reageert.

Doordat een gelijkstroommachine zich met zijn eigen stroom opwekt, treden door het ontstaan van een ankerveld zoogenaamde ankerterugwerkingen op, welke bij korte en heftige belastingsstooten sterke vonken aan de borstels geven. Men verhelpt dit





Schema compounddynamo's.

Fig. 3a.
Korte shunt-dynamo
(shuntwikkeling direct tusschen de borstels).

Fig. 3b.
Lange shunt-dynamo
(shuntwikkeling tusschen de klemmen der machine).

door tusschen de eigenlijke polen nog bijzondere, door den hoofdstroom gevoede, hulppolen (commutatiepolen) in te schakelen, welke een hulpveld opwekken, dat voor een vonkvrije stroomwisseling zorgt (hulppool-machines).

Zoogenaamde *twee-collector-machines* worden toegepast als drie-leider-dynamo's voor de voeding van drieleidernetten. (Zie bldz. 926). Zij worden ook gebruikt bij motoren met regeling van het aantal toeren tusschen wijde grenzen, daar hierbij het omwentelingsgetal tusschen de normale grenzen van 1 : 4 zonder noemenswaardige verliezen kan worden geregeld.

Voor het ontwikkelen van hoogere spanningen dan ± 3000 Volt zijn de gelijkstroommachines niet geschikt, hoofdzakelijk door het aanwezig zijn van den commutator en men den collector geen isolatie kan geven, welke deze spanning weerstand biedt. Men moet daarbij zijn toevlucht nemen tot wisselstroommachines.

Wisselstroom-dynamo's.

Wisselstroommachines worden uitsluitend meerpolig gebouwd. Voor groote vermogens en hooge spanningen worden uitsluitend binnenpoolmachines gebezigd, en wel met roteerende veldmagneten en stilstaande ankers; de kleinere machines voor lage spanning ook wel als buitenpoolmachines met roteerend anker.

De klemspanning van de machine neemt bij constanten veldstroom en bij constant aantal omwentelingen continu af bij toename der stroomsterkte, deze is het grootst bij inductieve belasting. De machine wordt bij toenemende belasting geregeld op constante spanning door versterking van den veldstroom. Vroeger geschiedde het opwekken van het magnetisch veld der machines door aftakking van een gedeelte van den hoofdstroom ; tegenwoordig past men zelfbekrachtiging door middel van kleine gelijkstroommachines toe, welke door dezelfde as gedreven worden; in groote centrales ook wel accumulatoren-batterijen. De benoodigde energie voor opwekking bedraagt 1—4% van het vermogen der groote machines naar gelang van de grootte dezer laatste.

Driephasen-generatoren. De drie phasen geven gelijke spanningen, welke onderling 120 graden in phase verschillen. Men verbindt ze in den regel en vooral bij krachtoverbrenging op groote afstanden in *sterschakeling*, waarbij de gekoppelde spanning $\sqrt{3}$ maal de phasespanning bedraagt.

Bij machines van lage spanning past men somtijds *driehoekschakeling* toe, waarbij de gekoppelde stroomsterkte $\sqrt{3}$ maal de phasestroom is.

Wisselstroommachines hebben bij inductieve volbelasting ($\cos \varphi = 0{,}8$) een circa 2 à 3% geringer nuttig effekt dan bij inductievrije volbelasting.

Vermogen en Rendement van Dynamo's.

Het *vermogen van een gelijkstroomdynamo* is het product van klemspanning en stroomsterkte en wordt in het algemeen in Kilowatt uitgedrukt of gelijk aan 1000 maal het product van de hoeveelheden Volt en Ampère, waarvoor de machine gebouwd is. Bij een *wisselstroomdynamo* kan het vermogen door het product klemspanning maal stroomsterkte worden uitgedrukt alleen in het geval deze grootheden de oogenblikkelijke waarden van spanning en stroomsterkte voorstellen. (Zie bldz. 909.) Bij middelbare of door de meetinstrumenten aangegeven middelbare waarden bedraagt het vermogen

$$a = R\, I^2_m = E_m\, I_m \cos \varphi$$

en wordt het product dus met den arbeidsfactor $\cos \varphi$ vermenigvuldigd. Behalve het aantal Kilowatt is ook het aantal omwentelingen voor de machine maatgevend, daar de grootte van de machine toeneemt met een vermindering van het toerengetal. Bedraagt het vermogen van de machine *a* Kilowatt en verbruikt zij *b* paardekracht, dan is het rendement of nuttig effect

$$\frac{a}{b \times 0{,}736}$$

Wordt een dymamo belast met vermogen, waarvoor hij gebouwd is, dan is het rendement voor machines van 6 tot 10 PK ongeveer 75—80 %
,, 15 ,, 50 ,, ,, 80—90 ,,
50 PK en meer ,, 90 % en meer.

Is de dynamo niet ten volle belast, dan neemt zijn nuttig effect af, daar de verliezen in de machine ongeveer gelijk blijven; men heeft dan

tusschen ¾ en ½ belasting	1 % geringer rendement
,, ½ ,, ⅓ ,,	2—3 ,, ,, ,,
,, ⅓ ,, ¼ ,,	3—5 ,, ,, ,,

De bepaling van het nuttig effect kan geschieden:

1. door directe meting van den verbruikten mechanischen arbeid door middel van b.v. den dynamometer of door den dynamo te laten drijven door een electromotor van bekend nuttig effect.

2. door de bepaling van het gecombineerde nuttig effect van twee gelijke manes. Mechanisch gekoppeld kan haar bekrachtiging zoodanig worden geregeld, dat de eene als electromotor de andere, of stoomleverende, drijft.

Is het nuttig effect der eerste machine η_1 en de hoeveelheid energie door deze geabsorbeerd $= P_1$ en het nuttig effect van de tweede machine η_2 dan levert deze een hoeveelheid energie

$$P_2 = \eta_1\, \eta_2\, P_1$$

en is dus het nuttig effect van elk der machines ongeveer

$$\eta = \sqrt{\eta_1 \eta_2} = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

overeenkomende met een belasting

$$P = \sqrt{P_1 P_2}$$

3. Door directe meting der energieverliezen; bestaande in die door warmteontwikkeling (I^2R), die door wervelstroomen in de ijzermassa's, hysteresis, mechanische wrijving, enz. De laatste drie noemt men ook de nullastverliezen.

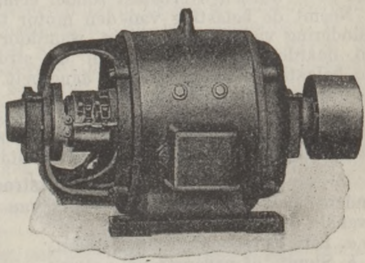


Fig. 4

Handelstypen van dynamo's.

De dynamo's worden veelal normaal als shuntdynamo's uitgevoerd, maar kunnen ook hoofdstroom- of compoundwikkeling verkrijgen. Als vermogen geldt het aantal KW dat in ononderbroken bedrijf kan worden uitgeoefend. Meestal worden zij geleverd loopend tegen de wijzers van een uurwerk in gezien, vanaf de zijde van aandrijving. Men heeft ze in normale snelheid, gemiddelde snelheid en langzaam loopend.

Gelijkstroomdynamo's fabrikaat Brown, Boveri & Co. (Fig. 4.):

Normale snelheid, 115 Volt spanning en riemaandrijving.

Vermogen	Stroomsterkte	Omwentelingen p. min.	Benoodigd vermogen	Riemschijfafmetingen mM					
				normaal		minimaal		dubbel breed	
Kilowatt	Ampère	aantal	P.K.	diam.	breedte	diam.	breedte	diam.	breedte
1	8,7	2000	1,8	100	50	80	50	100	90
2	17,5	2350	3,3	130	70	110	80	130	120
3,5	26	2250	4,9	130	70	130	70	130	120
3,5	30,5	1900	5,65	150	80	130	100	150	130
4,5	39	1700	7,4	180	100	150	130	180	180
6,5	56,5	1350	10,5	215	120	180	140		
9	78	1420	14,5	215	120	180	140		
12	105	1350	19	250	140	250	140		
18	156	1850	28,5	250	140	250	140		
32	278	1400	49	350	180	300	250		

Normale snelheid, 230 Volt spanning en riemaandrijving.

Vermogen	Stroomsterkte	Omwentelingen p. min.	Benoodigd vermogen	normaal diam.	normaal breedte	minimaal diam.	minimaal breedte	dubbel breed diam.	dubbel breed breedte
1	4,35	2250	1,85	100	50	80	50	100	90
2	8,7	2500	3,3	130	70	110	80	130	120
3	13	2200	4,9	130	70	130	70	130	120
3,5	15,2	1900	5,65	150	80	130	100	150	130
4,5	19,6	1700	7,4	180	100	150	130	180	180
7	30,5	1400	11,5	215	120	180	140		
9	39	1400	14,5	215	120	215	120		
15	65	1380	23	250	140	250	140		
22	95,5	1480	33,5	300	160	250	220		
32	138	1370	48	350	180	300	250		

De machines worden normaal geleverd met riemschijf, riemspansleden, ankerbouten en shuntregelweerstand.

Electromotoren.

Bij de electromotoren is het koppel, dat door den motor ontwikkeld wordt, steeds gelijk aan dat, hetwelk de last vordert en richt zich de stroomsterkte hiernaar. De electromotor loopt dan ook bij elke belasting aan en kan tijdelijk tot 50 % worden overbelast zonder eenig gevaar van beschadiging.

Neemt de belasting van den motor toe, dan treedt een oogenblikkelijke vermindering van de snelheid in, waardoor de tegen-electromotorische kracht kleiner en daardoor vergrooting van de stroomsterkte mogelijk wordt, welke tot voor de belasting noodige grootte aangroeit. Bij vermindering der belasting geschiedt het omgekeerde.

Men spreekt van motoren met *constante bekrachtiging*, wanneer de magneetwikkeling aan een constante spanning ligt. Hierbij hangt de stroomsterkte alleen af van de belasting en het aantal omwentelingen van de borstelspanning.

Gelijkstroom-motoren.

onderscheidt men, naar de wijze van koppeling van anker- en veldwikkeling, evenals de dynamo's in:

a. Serie- of hoofdstroommotoren,
b. Shunt- of nevenstroommotoren,
c. Compoundmotoren.

In bijzondere gevallen bezigt men motoren, waarbij het anker en de magneten onafhankelijk van elkaar gewikkeld zijn en door een afzonderlijke stroombron worden gevoed. Hiertoe behooren de motoren volgens het *Ward-Leonardsysteem*, waarbij de leidingstroom direct door de veldwikkeling gaat en de ankerwikkeling stroom krijgt van een motorgenerator met regelbare secundaire spanning. Daardoor kan de snelheid van den motor geregeld worden geheel onafhankelijk van de belasting (electrische liften, hefwerktuigen, enz.).

Gedurende het bedrijf van den motor wordt door de beweging van den ankerleider in het van de polen uitgaande veld een electromotorische kracht in het anker opgewekt, welke in afwijking met de dynamo tegengesteld aan de borstelspanning is gericht. In toestand van rust of bij niet opgewekt magnetisch veld moet deze tegen-EMK nul zijn en zal de motorstroom in deze gevallen een gevaarlijke grootte bereiken, welke kortsluiting of beschadiging kan geven, indien geen zekering aanwezig is. Men zal het anker van den motor dus nooit de volle netspanning mogen toevoeren, maar eerst een weerstand moeten voorschakelen, welke nadat de motor op normaal toerengetal is opgeloopen, wordt afgeschakeld en dus kortgesloten. Zoo zal men in het anker ook nooit stroom mogen zenden, wanneer de motor nog onopgewekt is. Dus bij aanzetten eerst opwekken en dan anker inschakelen en bij uitschakelen eerst anker uitschakelen en dan het veld. Men heeft bij de motoren de schakeling meestal zoo ingericht, dat het bovenstaande vanzelf plaats vindt, zonder dat de opmerkzaamheid van den bedienenden persoon gevorderd wordt. De aanloopweerstanden heeft men met luchtkoeling bij kleinere vermogens en met oliekoeling bij grootere vermogens. Bij intermitteerend bedrijf worden aanzetwalsen gebezigd; ook automatische aanloopweerstanden kunnen worden toegepast.

Serie-motoren. Bij den serie-motor gaat de volle stroom van de keten door de ankerwikkeling en tevens door de magneetwikkeling, die daarmede in serie geschakeld is. Bij vermeerdering van de belasting neemt de stroomsterkte in beide wikkelingen toe, waarmede een sterke vergrooting van het koppel gepaard gaat. De motor ontwikkelt dus bij het aanloopen een krachtig koppel ($2^1/_2$ à 3 maal het normale), dat bij toenemende snelheid geleidelijk afneemt. Hierdoor en door de veranderlijke snelheid is de motor bij uitstek geschikt voor hijschwerktuigen en voor tractie. Bij zwakke belasting krijgt de motor groot toerengetal, zoodat de motor ook niet te bezigen is, waar de belasting in het bedrijf nul wordt, tenzij maatregelen tegen het doorslaan van den motor genomen worden. Toerenregeling is niet gemakkelijk uit te voeren. Voor het drijven van werktuigen, welke onafhankelijk van de wijze van belasting een nagenoeg constante snelheid vereischen, is de serie-motor dus practisch onbruikbaar en kan alleen nog gebezigd worden voor pompen, exhausters, enz. Door middel van een parallel-schakeling in de veldwikkeling kan de stroom op constante snelheid geregeld worden.

De serie motoren verdragen sterkere overbelasting dan de shunt-motoren.

Shunt-motoren zijn motoren met constante bekrachtiging; zij behouden dus bij gelijke klemspanning een nagenoeg constant omwentelingsgetal, onafhankelijk van de belasting. De afname bedraagt hoogstens 5 % bij volbelasting en 10 % bij nullast. Wil men de snelheid zuiver constant houden, dan wordt een voorschakelweerstand ingelascht om den ankerstroom te regelen. Ook laat zich de intensiteit van den stroom in de magneten door een shuntweerstand regelen, welke bij een verzwakking van het veld een verhoogd toerengetal ten gevolge heeft. Men maakt bij het aanzetten steeds gebruik van een aanzetweerstand, om tijdens de aanloopperiode het anker tegen een te sterken stroom te beschermen. Bij het aanloopen is er voor zorg te dragen, dat het aanzetkoppel slechts in geringe mate boven de maximale waarde in normaal bedrijf wordt opgevoerd (maximum 1,8 maal de normale), vooral wanneer de motor groote massa's in beweging moet brengen. Is grooter aanloopkoppel noodig, dan moet de motor worden geconstrueerd met een zeer sterk veld en kan het vermogen slechts voor korte tijden worden afgegeven. Een belangrijke eigenschap van den motor is, dat hij, wanneer hij van buiten b.v. door een dalenden last aangedreven wordt, als een electrische rem gaat werken en stroom in het net teruggvoert, zonder dat bijzondere omschakeling noodig is. Hij gaat bij plotselinge opheffing van de belasting er ook niet van door. Door de constante beweging is de motor bij uitstek geschikt voor arbeidswerktuigen.

Compoundmotoren vinden minder toepassing, ook wegens den hoogeren prijs van de twee magneetwikkelingen. Zij treden alleen in de plaats van shuntmotoren, wanneer een volmaakt constante snelheid vereischt wordt. Wel komt bij hijschmachines

behalve de shuntwikkeling ook nog een hoofdstroomwikkeling in toepassing, waarbij bij tijden alleen in één der wikkelingen stroom gaat, b.v. de hoofdstroom bij het aanloopen (na snelle heffing van den last) en na het aanloopen de shuntwikkeling om constante snelheid te verkrijgen.

De gelijkstroommotoren worden normaal als shuntmotoren geleverd. De meeste worden geventileerd gesloten uitgevoerd, waardoor zij beschermd zijn tegen waterdruppels en het binnendringen van vaste stoffen. Het vermogen neemt bij geventileerde sluiting en nog meer bij volkomen sluiting tegen dat der open motoren af, terwijl het aantal omwentelingen naar verhouding stijgt. De motoren zijn in den handel met omwentelingsgetallen tot ca. 3000 per minuut en kunnen bij de kleinere worden uitgevoerd tot 8000 omw. per minuut. Het toerengetal kan wegens de eigenschappen van het ijzer slechts met zekere tolerantie worden gewaarborgd; voor nauwkeurige instelling is een shuntregelaar noodig. Bij hoog toerengetal loopen de motoren in zwak veld en zijn daardoor gevoelig voor belastingveranderingen.

Het nuttig effect der shuntmotoren bedraagt bij normaal toerengetal van ± 70 % voor de kleine tot 92 % voor de groote.

Bij gelijkstroommotoren kan tandradoverbrenging worden toegepast van 1 : 5,5 of 1 : 6,5. Reguleerbare motoren worden vervaardigd, waarbij het aantal omwentelingen kan worden geregeld tot 1 : 6.

Wisselstroom-motoren.

Deze onderscheidt men weder in één- en meer phasenmotoren. Men spreekt van *synchrone* motoren, wanneer zij met de aandrijvende dynamo in wisselgetal en phase overeenstemmen. Daarbij loopt de motor ook niet onder belasting aan en moet hij eerst geheel onbelast op het toerengetal gebracht worden en door roteerende regulateurgewichten in zijn synchronisme worden gehandhaafd, alvorens hij arbeid kan verrichten. De meerphasen synchrone motoren loopen alleen onder zeer bepaalde constructieve voorwaarden aan en dan ook zonder belasting en met hooger dan normaal stroomverbruik. De synchrone motoren vinden weinig toepassing. Alle andere motoren zijn *asynchroon*. De asynchrone motoren loopen met volle belasting aan en kunnen sterke overbelastingen verdragen en vereischen weinig toezicht.

Het roteerende deel der machine noemt men veelal den *rotor*, het stilstaande deel den *stator*.

Wordt alleen de statorwikkeling door het leidingsnet gevoed, terwijl de stroom in den rotor ontstaat door inductie, dan noemt men den motor *inductiemotor;* gaat de leidingstroom door beide wikkelingen, dan spreekt men van *conductiemotor*.

De asynchrone draaistroommotoren hebben een stator, die in ster- of driehoek geschakeld is en een rotor in 2- of 3-phasige schakeling, welke is aangesloten aan den aanzet- of regelweerstand.

Naar gelang van de wijze, waarop het anker (rotor) gevormd is, onderscheidt men:

1. *Kortsluitankermotoren* met uit koperen staven bezet anker, dat bij draaistroom eenvoudig door drie geleidingsdraden met den schakelaar wordt verbonden. De motoren worden aangezet door het in- en uitzetten van den schakelaar. Het aanloopkoppel (1 tot 1,5 maal het normale) is relatief gering bij een onevenredig hoog stroomverbruik (4 tot 7 maal het normale). Men kan deze aanloopstroomsterkte verminderen tot 1 à 1,5 maal het normale met behulp van een voorschakelweerstand of transformator, maar men vermindert daardoor tevens de grootte van het aanzetkoppel (0,25 à 0,4 maal het normale). De snelheid is niet regelbaar. Men gebruikt den motor voor klein vermogen (tot 2 PK).

2. *Sleepringanker-motoren*, waarvan het anker is voorzien van wikkelingen, die bij draaistroom met drie op de rotoras zittende koperen ringen zijn verbonden. Op elk dezer ringen is een sleepborstel geplaatst, welke met een z.g. weerstand zijn verbonden, waardoor voorkomen wordt, dat door terugwerking van den rotor op de statorwikkelingen, deze bij het aanzetten van den motor te zwaar worden belast. Bij het aanzetten moet deze weerstand langzaam en geleidelijk worden uitgeschakeld.

Het aanzetkoppel ligt in den regel tusschen 1 en 2½ maal het koppel bij vollast met een stroomverbruik evenredig met de waarde van het koppel. Is de ankerweerstand uitgeschakeld, dan arbeidt de motor als kortsluitmotor.

De sleepring-motor is de algemeen gebruikelijke motor voor twee- en driephasenwisselstroomnetten.

3. *Collector-motoren*, waarbij de rotor is gewikkeld als een gelijkstroomanker

met collector. Zij worden alleen als conductiemotoren gebezigd. Zij vinden toepassing bij electrische tractie en wel als éénphasen-collector-motoren.

Men onderscheidt de sleepringanker-motoren bij draaistroom nog in twee soorten:

a. de *reguleer-sleepringanker*-motoren met sleepringen en borstels, die steeds onder stroom blijven. Deze motoren zijn aan te raden, wanneer de motor moeilijk te bereiken is en het noodig is het aantal omwentelingen te regelen, den motor dikwijls aan te zetten of de draairichting te veranderen.

b. de *aanloop-sleepringanker*-motoren met inrichting tot kortsluiting der sleepringen en het aflichten der borstels, wanneer de motor aangezet is. Deze motoren loopen, evenals die met sleeppringanker, met geringe stroomsterkten aan. Zij zijn van 2 PK af aan te raden, wanneer de motor gemakkelijk te bereiken is en het dikwijls aanloopen of veranderen der draairichting niet noodig is.

Voor het in bedrijf zetten van draaistroommotoren met kortsluitankers is slechts één schakelaar noodig. Om den motor te beschutten kan men in plaats hiervan aanloopschakelaars met zekeringen gebruiken, waarmede men zwakkere zekeringen voor den motor schakelen kan, nadat de hooge aanloopstroom verloopen is.

Bij alle sleepringmotoren is, behalve een schakelaar, een aanloopweerstand noodig. De doorsnede van de verbindingsleidingen naar het anker moet zeer groot genomen worden, volgens de aangegeven ankerstroomsterkte, daar het verlies in deze leidingen direct het vermogen van den motor drukt.

Vóór het in bedrijf stellen moeten de lagers met petroleum gespoeld worden en daarna gevuld met goede, niet te dun vloeibare mineraalolie. Bij het in bedrijf stellen moet er op gelet worden, dat de smeerringen mededraaien.

De normale aanloopweerstanden zonder reguleering alsook de vloeistof aanloopweerstanden mogen alleen in hun begin- en eindstand langeren tijd blijven geschakeld. Tandradoverbrengingen worden bij draaistroommotoren geleverd met een overbrenging van 1 : 4. Langzaam loopende motoren worden geleverd voor 600 en 500 omwentelingen nominaal. Aanloopweerstanden zijn te verkrijgen tot het regelen van het aantal omwentelingen tot 50 of 75% naar beneden; aanbevelenswaardig is dit echter niet.

Snelloopende motoren worden tegenwoordig gebouwd tot 1100 PK vermogen en alleen voor draaistroom en hooge spanningen ingericht. De langzaamloopende draaistroommotoren bezitten bij 50 perioden een lage cos. φ.

In het algemeen worden de stationnaire motoren horizontaal gekoppeld; in schachten, enz. veelal vertikaal en met kortsluitankers uitgevoerd. Om den stroomstoot bij het aanloopen te verminderen, geschiedt dit in het laatste geval bovengronds door middel van aanlooptransformatoren.

De meeste centrales in Nederland hebben in haar voorschriften opgenomen, dat draaistroommotoren tot 1 PK aangesloten mogen worden met kortsluitanker met gebruikmaking van een gewonen drie-poligen schakelaar. Motoren van 1 tot 2 PK (en in enkele Gemeenten tot 3 PK) kunnen ook met kortsluitanker worden gekozen, doch moeten worden aangezet met een sterdriehoekschakelaar. Boven 3 PK moeten de motoren zijn uitgerust met sleepringanker en aangezet worden met een weerstand.

Om de slijtage der koolborstels tijdens het gebruik te voorkomen, worden de grootere motoren uitgevoerd met een inrichting tot het kortsluiten van de rotorwikkelingen en het opheffen van de borstels.

Vermogen en nuttig effect van electromotoren.

Theoretisch komt het vermogen van 1 PK overeen met de energie van 736 Watt. In werkelijkheid is

$$1 \text{ Watt} = \frac{\eta}{100} \times \frac{1}{736} \text{ PK}$$

waarin η het rendement van den motor in %.

Het rendement der motoren neemt met het vermogen der motoren toe, van 70 % bij 1 PK tot 92 % bij 200 PK vermogen.

Vermogen PK	Nuttig effect
tot 1	ongeveer 0,68—0,73
1—10	„ 0,77—0,85
10—100	„ 0,85—0,90

Bij wisselstroommotoren is nog rekening te houden met den coëfficiënt cos φ. Volgens opgave der Mach. fabriek Gebr. Figée Haarlem bedraagt deze als volgt:

Vermogen PK	Cos. φ bij vollast			Nuttig effect	
	1500 omw.	1000 omw.	750 omw.	kortsluit-anker	sleepring-anker
¼	0,75—0,80	0,70—0,73	0,55—0,60	0,62—0,70	0,62—0,70
1	0,84—0,88	0,78—0,82	0,72—0,75	0,79—0,82	0,75—0,82
10	0,87—0,89	0,84—0,87	0,83—0,86		0,86—0,82
50		0,89—0,90	0,84—0,89		0,86—0,88
100		0,90—0,91	0,89—0,90		0,89—0,91
					0,91—0,93

Onderstaande tabel geeft de benoodigde stroomsterkte bij bepaalde stroomspanning voor gelijkstroommotoren, welke waarden bij éénphasenstroom door cos φ en bij draaistroom (driephasenstroom) door cos φ $\sqrt{3}$ zijn te deelen.

Spanning in Volt	Vermogen in PK											
	0.50	1	4	8	10	20	41	54	68	82	110	135
65	8,5	15	57,	108	—	—	—	—	—	—	—	—
110	5	9	33	64	80	150	300	400	500	600	800	1 000
220	2,5	4,5	16,5	32	40	75	150	200	250	300	400	500
440	—	2,5	8,5	16	20	37,5	75	150	125	150	200	250
500	—	2,2	7,5	14	18	33	66	88	110	132	176	220
600	—	—	6,5	11,5	15	27,5	55	74	95	110	147	183

Asynchrone motoren hebben ongeveer 2 à 3% geringer nuttig effect dan de synchrone motoren, die met cos $\varphi = 1$ en dezelfde snelheid arbeiden.

De bepaling van het nuttig effect geschiedt op dezelfde wijze als bij dynamo's is aangegeven. Bij kortsluitmotoren kan de bepaling alleen geschieden door directe meting van den verrichten arbeid en verbruikte energie.

Op den electromotor staan aangegeven:

a. het aantal rempaardekrachten, welke de motor, zonder gevaar voor te hooge verwarming, kan leveren;
b. de spanning, waarbij de motor gebruikt mag worden;
c. het aantal toeren per minuut, dat de motor haalt bij volle belasting, en indien de motor een wisselstroommotor is;
d. het aantal perioden, en
e. de arbeidsfactor cos φ.

Wil men den arbeid berekenen uit de aflezingen op Ampère- en Voltmeter, dan is deze voor een draaistroommotor gelijk aan

$$\frac{E \times I \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}{736} \text{ PK.}$$

waarin E het aantal Volts tusschen de phasen onderling.

Beproeving van electromotoren.

Volgens de Voorschriften van het „Verband deutscher Elektrotechniker" moeten bij een motor bij volbelasting in voortdurend bedrijf na 10 uur loopen de volgende temperaturen niet worden overschreden:

a) van de geïsoleerde wikkelingen en sleepringen:
bij katoenisoleering 50° C
„ papier „ 60° „
„ isoleering van glimmer, asbest en door deze gevormde preparaten 80° „
Voor rustende isoleering zijn 10° hoogere waarden toe te laten.
b) van de collectoren 60° „
c) van het ijzer, waarin de wikkelingen zijn ingebed, naar de isoleering de waarden onder a)
d) van de lagers 50° C

Voor meting der temperatuur bezige men een thermometer, waarbij een goede warmtegeleiding tusschen dezen en het te meten machinedeel plaats heeft.

Zoolang de temperatuur der lucht 35° C. niet overschrijdt, zijn voor motoren met intermitteerend bedrijf 20° C. hoogere waarden dan hierboven toelaatbaar. De belasting der motoren kan hierbij ook grooter zijn dan bij continu bedrijf en deze hangt van den graad van onderbreking af. Overbelasting moeten de motoren bij de aangegeven grenzen kunnen verdragen met een bedrag van 25% gedurende een half uur en van 40% gedurende 3 minuten, waarbij de normale klemspanning aan te houden is. De collector mag hierbij niet zoo sterk worden aangetast, dat hij met glaspapier moet worden behandeld. De isolatie is zoodanig te beproeven, dat de wikkelingsdeelen in warmen toestand der machine gedurende één minuut aan een proefspanning worden blootgesteld, welke bij gelijkstroommotoren het 2½-voudige der bedrijfspanning bedraagt, maar niet hooger dan 1000 Volt mag zijn.

Storingen bij electromotoren.

Bij gelijkstroommotoren kunnen de volgende storingen optreden: Loopt de motor zonder riem niet aan, terwijl de collector sterk vonkt, dan is het anker vastgeloopen; ook kan de magneetstroom zijn onderbroken, de magneetspoelen verkeerd geschakeld of de shuntleiding verkeerd aan den aanzetweerstand zijn verbonden. Kan het anker uit de hand moeilijk en slechts met rukken worden gedraaid, dan is er kortsluiting in het anker.

Handelstypen en prijzen van motoren.

De prijzen van motoren zijn zeer afhankelijk van het verlangde aantal omwentelingen, vooral bij gelijkstroommotoren. De prijzen nemen toe bij kleiner omwentelingsgetal, soms wel tot 50 %. Gelijkstroommotoren zijn in het algemeen duurder dan draaistroommotoren.

De motoren worden normaal gebouwd voor 110, 220, 440 en 550 Volt spanning; bij hoogere spanningen wordt het aantal omwentelingen evenredig verhoogd. In normale uitvoering bezitten de gelijkstroommotoren shuntwikkeling en hulppolen en zijn van open bouw. Zij kunnen ook regendicht of geheel gesloten worden geleverd.

Gelijkstroommotoren (prijzen vóór den oorlog).

a. Voor 110 Volt spanning, met normaal aantal omwentelingen:

Vermogen in PK	Aant. omwentelingen per minuut	Verbruik in Ampère gemidd	Riemschijven mM Normaal doorsnede	Riemschijven mM Normaal breedte	Riemschijven mM Abnormaal kleinste doorsnede	Prijs der machine met normale riemschijf. Gld.	Prijs der spanslede Gld.	Aanloopweerstand zonder last Gld.	Aanloopweerstand met vollen last Gld.
0,5	1620	4,55	100	50	50	80	8.70	14,50	14,50
1	1440	8.50	120	60	60	100	8,70	17,—	17,—
2	1300	17,3	120	70	60	160	9,30	17,—	24,—
3	1250	26,0	150	100	70	190	9,30	17,—	24,—
4	1200	30,—	150	130	70	220	9,30	20,—	29,—
5	1150	40,—	150	130	70	260	9,30	20,—	29,—
7,5	1100	59.—	200	130	100	320	11,60	24,—	48,—
10	1100	80,—	245	150	100	400	11,60	29,—	50,—
15	1050	120,—	325	150	140	500	20,30	50,—	90,—
20	1000	160,—	335	180	150	650	20,30	50,—	100,—

b. Voor 220 Volt spanning, met normaal aantal omwentelingen.

Vermogen in PK	Aant. omwentelingen per minuut	Verbruik in Ampère gemidd.	Riemschijven mM Normaal doorsnede	Riemschijven mM Normaal breedte	Riemschijven mM Abnormaal kleinste doorsnede	Prijs der machine met normale riemschijf Gld.	Prijs der spanslede. Gld.	Aanloopweerstand zonder last Gld.	Aanloopweerstand met vollen last Gld.
0,5	1700	2,27	100	40	50	80	8,70	14,50	14,50
1	1500	4,25	120	60	60	10(	8,70	17,—	17,—
2	1300	8,60	120	70	60	160	9,30	20,—	20,—
3	1250	13,—	150	100	70	190	9,30	20,—	29,—
4	1250	16,—	150	130	70	200	9,30	20,—	29,—
5	1180	20,—	150	130	70	220	11,60	20,—	29,—
7,5	1150	29.50	200	130	100	250	11,60	29,—	50,—
10	1100	39,50	200	130	100	400	11,60	29,—	50,—
15	1100	58,—	245	150	100	540	11,60	50,—	80,—
20	1050	65,—	305	150	130	660	20,30	50,—	90,—
25	1000	85,—	335	180	150	780	20,30	60,—	100,—

c. Voor 440 Volt spanning, met normaal aantal omwentelingen:

Vermogen in PK	Aant. omwentelingen per minuut	Verbruik in Ampère	Riemschijven Normaal doorsnede	Riemschijven Normaal breedte	Riemschijven Abnormaal kleinste doorsnede	Prijs der machine met normale riemschijf. Gld.	Prijs der spanslede Gld.	Aanloopweerstand zonder last	Aanloopweerstand met vollen last
0,5	1750	1,14	100	40	50	80	8,70	14,50	14,50
1	1620	2,13	120	60	60	100	8,70	14,50	14,50
2	1550	4,30	120	70	60	160	9,30	17,50	20,—
3	1400	6,50	150	100	70	190	9,30	20,—	29,—
5	1200	10,00	150	130	70	225	9,30	20,—	29,—
7,5	1150	14,00	200	130	100	300	11,60	29,—	58,—
10	1150	19,00	200	130	100	350	11,60	29,—	58,—
15	1100	25,00	245	150	100	500	11,60	50,—	80,—
20	1050	32,00	305	150	130	600	20,30	50,—	90,—
25	1000	45,00	335	150	140	700	20,30	60,—	100,—

Draaistroommotoren (prijzen vóór den oorlog):

De asynchrone draaistroommotoren worden normaal gebouwd voor 120 220, 380, 500, 1000 tot 5000 Volt spanning. Draaistroommotoren, die onbelast op vaste en losse riemschijf aanloopen en waarbij een grootere stroomstoot kan worden toegelaten, worden met kooi- of kortsluitanker geleverd, welke eenvoudiger en goedkooper zijn dan motoren met bewikkeld anker en sleepringen. De laatste kunnen echter half of geheel belast aanloopen (b.v. bij lichtnetten noodig).

a. Voor 115 –500 Volt (50 perioden) met kort gesloten anker:

Vermogen in PK	Aant. omwentelingen per minuut	Totaal Watt-verbruik.	Riemschijven Normaal doorsnede	Riemschijven Normaal breedte	Riemschijven Abnormaal kleinste doorsnede	Prijzen van den motor zonder voet en schijf Gld.	Prijzen van den motor met voet en schijf Gld.	Prijs v/d aanloop-schakelaar Gld.	Prijs der spanslede.	Prijs der wippen voor horiz. of vert. trek.
0,2	950	200	50	50	35	45,—	50,—		8,70	6,—
0,3	1400	290	50	50	35	45,—	50,—		8,70	6,—
0,5	1420	470	50	50	35	50,—	55,—		8,70	6,—
0,75	1420	700	60	60	45	57,—	61,—		8,70	9,—
1,—	1420	900	100	60	50	65,—	70,—	29,—	8,70	9,—
1,4	1420	1275	100	60	50	72,—	76,—		8,70	9,—
2,—	1420	1730	130	80	60	90,—	100,—		8,70	9,30
3,—	1440	2580	150	100	70	120	125,—		8,70	11,60
5,—	1440	4250	150	100	70	150	155,—		8,70	11,60

b. Voor 115—500 Volt met reguleer- of aanloopsleepringanker.

Vermogen in PK	Aant. omwentelingen per minuut bij een frequentie van 50	Totaal Wattverbruik	Riemschijven Normaal doorsnede mM	Riemschijven Normaal breedte mM	Riemschijven Abnormaal kleinste doorsnede mM	Prijs van den motor met voet en riemschijf Gld.	Prijs van den aanloopweerstand Zonder regeling voor aanloop in Gld. Vloeistof halve last	Vloeistof volle last	Metaal halve last	Metaal volle last	Prijs Spanslede in Gld.
1,25	920	1 245	130	80	60	145			18	25	8,70
2	1420	1 840	150	100	70	145			18	25	8,70
3	1430	2 700	150	100	70	170			18	25	8,70
5	1430	4 350	150	100	70	200			22	31	8,70
5	950	4 400	245	120	140	325	72,50	72,50	31	63	20,—
7,5	1450	6 450	185	120	140	300	72,50	72,50	31	63	20,—
7,5	720	6 600	305	120	185	490	72,50	72,50	34	69	35,—
10	1450	8 500	215	120	170	360	72.50	72,50	38	85	20,—
10	720	8 600	350	120	200	550	72,50	72,50	63	126	35,—
15	1450	12 500	215	150	175	410	72,50	93,—	60	105	20,—
15	720	12 700	380	150	230	630	72,50	93,—	63	126	20,—
20	1450	16 500	245	150	200	490	72,50	93,—	69	135	20,—
20	720	16 700	400	150	275	710	72,50	93,—	63	126	20,—
30	1450	24 500	275	190	245	650	93,—	125,—	69	135	20,—
30	720	24 800	420	190	335	920	93,—	125,—	126	175	29,—

Aanloopweerstand voor gedwongen langzame inschakeling meerprijs f 20,— p. stuk.

Opstelling van dynamomachines.

Machines, welke met hoogere spanning werken dan 500 Volt, moeten worden opgesteld òf isoleerend (zooals bij kleinere machines gewoonte is) òf met een geïsoleerde bedieningsruimte worden omgeven (gummimatten) of het frame moet met de aarde worden verbonden. Bij geïsoleerde opstelling bestaat het gevaar, dat het frame ten opzichte van de aarde statisch geladen wordt en eenonbeschermdpersoonbijaanrakingvan de machine getroffen wordt. Daarom zal een isoleerend loopvlak beter zijn. Een voordeel van de geïsoleerde opstelling is het geringe bliksemgevaar, dat in geval van aard-

verbinding van de machine grooter is. Ook in het geval, dat een geleiding aardsluiting heeft, zal tusschen het frame en de wikkeling volle bedrijfsspanning heerschen, hetgeen voor de isolatie der wikkelingen schadelijk kan zijn. Voor het bedienend personeel is bij goed geaarde opstelling evenwel absoluut geen gevaar, daar dan geen spanningsverschil tusschen machine en aarde mogelijk is. Hierbij wordt het frame met een minstens 25 mM² dikken koperdraad met een in den vochtigen grond liggende aardplaat verbonden.

Onderhoud der dynamo's en motoren.

Dynamo's en motoren vereischen weinig toezicht, hetwelk zich in hoofdzaak bepaalt tot het stofvrijhouden der machine, het schoonhouden der sleepringen en contacten en het eens in de twee of drie maanden oliën der kussenblokken. Door het gemis van den collector vereischt de draaistroommotor vooral weinig toezicht en onderhoud. Reparatie komt bij uizondering voor, zoodat de motor door zijn buitengewoon eenvoudige en solide constructie een bijna onbegrensden levensduur bezit.

Bij de opstelling is te zorgen, dat de as van het anker zuiver waterpas ligt. De stroomafgever (commutator of collector) moet stofvrij en blank gehouden worden met een'n weinig olie houdend lapje. Evenwel mag niet te veel olie gebruikt worden, evenmin op de draadwikkeling komen, daar hierdoor de isolatie op den duur vergaat. De borstels worden ingeslepen met glaspapier, dat met den gladden kant op den collector wordt gelegd en volgens de ronding van dezen heen en weder wordt getrokken. De borstels mogen evenwel onder het bedrijf nooit worden opgeheven. De magneten mogen nooit warmer dan handwarm worden, in welk geval waarschijnlijk een fout in de machine aanwezig is.

De normale aanloopweerstanden (zonder regeling) der motoren, alsook de vloeistofaanloopweerstanden mogen alleen in hun begin- en eindstand langeren tijd geschakeld blijven.

Transformatoren.

Litteratuur.

Gisb. Kapp. Transformatoren für Wechsel-und Drehstrom 3e druk.

Transformatoren zijn toestellen, welke dienen om electrische energie van een bepaalden vorm in een anderen vorm over te brengen. Men onderscheidt *statische*, welke geen bewegende deelen bevatten en *roteerende* transformatoren. De transformatoren vindt men het meest toegepast om wisselstroomen van lage spanning in die van hoogere of omgekeerd om te zetten. en wel voornamelijk bij overbrenging van energie op groote afstanden. Het energieverlies in den vorm van Joule'sche warmte $I^2 \times R$ kan toch het gunstigst worden beperkt door vermindering der stroomsterkte, waaruit verhooging van de stroomspanning volgt. Ter plaatse van het verbruik zal men dus weder de spanningen moeten transformeeren.

De *statische transformatoren* bestaan in hoofdzaak uit twee draadwikkelingen van verschillende dikte, aangebracht op een gemeenschappelijke ijzerkern, waarvan de een (primaire wikkeling) in de andere (secundaire wikkeling) een inductiestroom opwekt, welke naar gelang van het aantal windingen van hooger of lager spanning is.

De opgewekte secundaire spanning E_2 van den onbelasten transformator verhoudt zich tot de primaire E_1 als volgt:

$$E = \frac{n_2}{n_1} E_1$$

waarin

n_1 het aantal primaire windingen.

n_2 „ „ secundaire „

$\frac{n_2}{n_1}$ de transformatieverhouding.

Bij belasting van den transformator neemt de secundaire spanning af en wel meer bij dien van klein vermogen (tot 3 %).

Het *nuttig effect* van den transformator is de verhouding van de secundair afgegeven energie tot de primair opgenomen energie bij bepaalde belasting en kan worden bepaald uit het energieverlies van den transformator, bestaande uit verlies door warmteontwikkeling ($I^2 R$) in de beide wikkelingen en het verlies door hysteresis en wervelstroomen in de ijzerkern. Het laatste is voor alle belastingen nagenoeg constant.

Het *nuttig effect* varieert tusschen 90 % voor zéér kleine en 99 % voor zeer groote transformatoren. Bij kunstmatige afkoeling van den transformator (oliebad) kan een hoogere materiaalbelasting worden toegelaten, waarmede evenwel grooter spanningsverlies en afname van het nuttig effect gepaard gaat.

Onder de *roteerende* transformatoren worden gerekend:

a. motorgeneratoren, samengesteld uit een mechanische koppeling van motor en dynamo. De motorgeneratoren dienen on wisselstroom in gelijkstroom om te zetten of gelijkstroom van hooge spanning in die van lage spanning of omgekeerd. Zij geven, bij volle belasting een energieverlies van 15% als minimum bij vermogen boven 200 PK en van minstens 30 % bij halve belasting.

b. de *convertoren* of dubbel-stroommachines, welke stroom van de eene soort opnemen om stroom van de andere soort af te geven, waarbij geen mechanische beweegkracht voor het drijven der machines noodig is.

Zij worden toegepast voor de omzetting van meerphasen-wisselstroom in gelijkstroom, in welk geval zij het meeste nuttig effect geven.

c. de *phase-transformatoren* of tweephasen-inductiemotoren, waarbij de eene phasewikkeling van den stator gevoed wordt door den stroom van een wisselstroomnet en de andere phase een stroom levert aan een tweede keter, waarvan de spanningsgrootte afhangt van de windingsverhouding der beide wikkelingen van den stator. Deze secundaire phase levert samen met het oorspronkelijk wisselstroomnet een tweephasen-systeem van andere spanning.

d. frequentie-transformatoren, bestaande uit een asynchronen inductiemotor met sleepringrotor, waarvan de snelheid op bepaalde grootte gehouden wordt.

Het vermogen der transformatoren wordt in K.V.A. (Kilo-Volt-Ampère) aangegeven.

In den laatsten tijd heeft men verbeterde kwikdampgelijkrichters voor het omzetten van draaistroom in gelijkstroom. Het totaal rendement hiervan bedraagt 92 tot 93 % tusschen halve en volle belasting.

Accumulatoren.

Litteratuur.

K. Bruinsma. De Loodaccumulator. Prijs ing. f 4,50, geb. f 5,90. Æ. E. Kluwer. Deventer.

Irs. E. Flesseman Jr. en D. H. Stigter. De accumulator, f 1,95. Æ. E. Kluwer, Deventer.

Accumulatoren worden voornamelijk gebezigd in centrales, om de mechanische energie steeds ten volle te kunnen benutten en om aan de dagelijksche wisselende belasting van het net tegemoet te komen zooals bij verlichting. De machines moeten daarbij tevens naar de maximum belasting worden berekend. De accumulatoren hebben verder het voordeel, dat zij de bedrijfszekerheid verhoogen ingeval de machine weigert en de ongelijkheden in den gang der machines op te heffen, daar zij de eigenschap bezitten de spanning vanzelf te regelen. De accumulatoren vinden verder toepassing voor de verdeeling in stations op verre afstanden en kunnen (bufferbatterijen) voor verhooging der stroomsterkte en ook als een soort gelijkstroomstransformator dienen om hooge spanning in lage gebruiksspanning om te zetten.

Het nadeel bij het gebruik zijn de hooge aanschaffingskosten, bij korten levensduur en daardoor hooge afschrijving, voorts groote energieverliezen. Het bedrijf wordt tevens wat gecompliceerder.

Het aantal accumulatoren eener batterij wordt bepaald door de spanning van elken accumulator (± 2 tot 1,95 Volt). Daar de spanning gedurende de ontlading daalt, zal men het aantal gedurende deze ontlading moeten opvoeren met een zeker bedrag. Deze worden door een *cellenschakelaar* bijgeschakeld. Bij den enkelvoudigen cellenschakelaar zijn de laatste cellen niet even lang in dienst als de andere en daar zij alle even lang geladen worden, zouden zij overladen worden, wanneer de batterij niet van het net afgeschakeld is. Daarom bezigt men veelal den dubbelcellenschakelaar, voorzien van een laad- en ontlaadhandel, waarbij de weinig uitgeputte cellen het eerst door den ontlaadhandel kunnen worden uitgeschakeld.

Daar de laadstroom zoo constant mogelijk moet gehouden worden, moet de lading met een shunt-dynamo geschieden, waarbij de spanning van het net, welke bij het laden tengevolge van den grooteren weerstand verandert, door de weerstandsregeling in de shunt der batterij op constante hoogte kan worden gehouden. Bij groote cen-

trales bezigt men voor een constanten laadstroom veelal een *voorspan-dynamo*, (spanningsopjager).

De eerste *accumulator van Planté* bestond uit verdund zwavelzuur als electrolyt en twee loodplaten als electroden. Zij werden eerst na gedurig laden en ontladen scheikundig veranderd (geformeerd). Tegenwoordig bezigt men geribde of roosterplaten, en wel voornamelijk voor de positieve electroden looden roosterplaten, gevormd door een groot aantal mazen of cellen, welke door gebruik van scheikundige toevoegsels in korten tijd kunnen worden geformeerd. De negatieve platen hebben wijdere mazen, die met loodglit of loodoxyde gevuld worden en ongeformeerd geleverd worden. Zij worden na monteering der batterij door den stroom in zuiver sponsachtig lood omgezet.

De werking van den accumulatoren van *Planté* is als volgt:

Noemt men van de ontledingscel de klem positief, waardoor de stroom in de cel treedt, dan heeft men

voor de ontlading $\overset{+}{Pb\,O_2} — H_2\,S\,O_4 — \overset{—}{Pb}$
stoomrichting in de cel naar + van —
beweging der ionen H_2 naar + en $S\,O_4$ naar —
werking: bij de + electrode $PbO_2 + H_2 + H_2S\,O_4 = PbSO_4 + 2H_2O$
„ „ — „ $Pb + S\,O_4 = PbSO_4$
na de ontlading aan beide electroden $PbSO_4$

vóór de lading $\overset{+}{PbSO_4} — H_2SO_4 — \overset{—}{PbSO_4}$
stroomrichting in de cel van + naar —
beweging der ionen SO_4 naar + en H_2 naar —
werking: bij de + electrode $PbSO_4 + S\,O_4 + 2\,H_2\,O = PbO_2 + 2\,H_2\,SO_4$,
„ „ — „ $PbSO_4 + H_2 = H_2\,S\,O_4 + Pb$
dus na de lading weer $PbO_2 — H_2SO_4 — Pb$.

Ofschoon een accumulator alleen een bepaalde electromotorische kracht bezit, is men practisch aan een zekere grens van stroomsterkte gebonden, waarboven een nadeelige invloed wordt uitgeoefend op de platen of vulmassa. Ook is practisch de capaciteit van een accumulator, welke met een sterken stroom ontladen is, kleiner dan bij een zwakken stroom.

Het *stroomrendement* is de verhouding tusschen het aantal Ampère-uren bij ontlading tot dat bij lading en ligt meestal boven 0,90. Het is afhankelijk van het tijdstip, waarop de lading of ontlading worden onderbroken.

Een accumulatorenbatterij bezit nl. een grootere capaciteit in Ampère-uren wanneer de ontlading in langeren tijd plaats vindt. Is nl. de stroomsterkte bij 3 uren ontlading = 1 en het aantal Ampère-uren daarbij verkregen ook = 1, dan zijn deze getallen bij korteren of langeren tijd als volgt:

Duur der ontlading van	1 uur	3 uren	5 uren	7 uren	10 uren
Stroomsterkte bij ontlading	2,1	1	0,73—0,67	0,55—0,5	0,45—0,4
Capaciteit	0,7	1	1,10—1,24	1,22—1,35	1,35—1,5

Met de lading houdt men op tot de oppervlakte der actieve massa geheel is omgezet (het koken van den accumulator). Dit heeft plaats bij ± 2,5 à 2,6 Volt.

De ontlading duurt, totdat de spanning tot op de grens van ± 1,8 Volt is gedaald tengevolge van den steeds grooter wordenden weerstand. Grootere ontlading zou de platen kunnen beschadigen.

Het *energie-rendement* is de verhouding van het aantal Watt-uren bij ontlading tot dat bij lading. Het is kleiner dan het stroomrendement, omdat men behalve de verliezen, welke ontstaan bij de polarisatie-electromotorische kracht ook nog de warmteverliezen heeft. Het rendement bedraagt bij ontladingen van 3 tot 7 uur ongeveer 75 tot 84%.

De werkingsgraden van goede accumulatoren zijn uit de volgende tabel van Heim te nemen, waarbij een lading aangenomen is tot 2,6 Volt en een ontlading tot 5 à 6% van de klemspanning:

Duur der ontlading	3 uur	5 uur	7 uur
Stroomrendement	91—90%	93—92%	95—93%
Energie-rendement	77—75%	82—79%	84—82%

In de practijk worden deze cijfers niet bereikt. Men kan rekenen een energie-rendement van 70% bij 3-urige en van 75% bij 5-urige ontlading.

De levensduur van een accumulatorenbatterij is ongeveer 9 à 10 jaar.

Wordt een accumulator met constante stroomsterkte ontladen, dan is volgens een empirische formule van *Von Peukert*:

$$I^n t = k$$

waarin I de stroomsterkte, t de tijdsduur der ontlading, n een constante tusschen 1,15 en 1,80 afhankelijk van het accumulatorentype en k een constante, afhankelijk van de afmetingen van de cellen.

Typen van accumulatoren.

De *accumulator van Planté* is door *Faure* en daarna door *Tudor* verbeterd. De verbetering is in den vorm der loodplaten aangebracht. De fabriek te Hagen in Westfalen levert de volgende soorten:

stationnaire accu's leverende al naar de snelheid van ontladen 5,5 tot ruim 10 Watturen per KG gewicht voor de grootste, met capaciteit van ± 30 000 Watturen en 3 tot 5 Watturen per KG gewicht voor de kleinste.

verplaatsbare accu's leverende ruim 30 Watturen per KG gewicht voor de grootste, met capaciteit van ± 800 Watturen en 28 Watturen per KG gewicht voor de kleinste met capaciteit van ± 100 Watturen.

De *accumulator van Edison* heeft electroden van staal, die zeer dun zijn. In een groot aantal daarin aangebrachte gaten bevinden zich doosjes, die de werkzame vulmassa bevatten. Deze bestaat uit een mengsel van ijzeroxyd en kwikoxyd voor de eene plaat en nikkeloxyd (hydraat) en grafiet voor de andere. De vloeistof bestaat uit een 21% oplossing van zuivere bijtende kali met toevoeging van lithium.

De electromotorische kracht is bij ontlading met normale stroomsterkte ongeveer 1,3 Volt d. i. kleiner dan bij den loodaccu, waartegenover de voordeelen staan van grooter stroomsterkte bij gelijke platenafmeting, de lading gaat bij niet-gebruik niet verloren, gering gewicht per capaciteit (ruim 30 Wattuur per KG gewicht) en de groote onverslijtbaarheid. Verder is de capaciteit in Ampère-uur onafhankelijk van de grootte van den ontlaadstroom en zijn ladingen en ontladingen met stroomsterkten tot drie- en viermaal de normale toe te laten, wanneer zij slechts korten tijd duren. De levensduur der cellen is zeer hoog bij zeer geringe afname der capaciteit.

Electrische stroomverdeeling.

Litteratuur.

Jos. Herzog u. C. P. Feldmann. Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. 2 dln. Springer, Berlijn.

von Galsberg. Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 6e druk. Springer, Berlijn.

Stelsels van stroomverdeeling in netten.

Gelijkstroom.

De eenvoudigste aanleg is die volgens het *tweeleiderstelsel*, waarbij de stroom van den positieven in den negatieven leider stroomt en in welke keten de stroomafnemers (lampen, enz.) op tweeërlei wijze kunnen worden geschakeld:

a. in serie (achter elkaar) bij stroom van hoogere spanning dan die van den stroomafnemer (fig. 1).

b. parallel (naast elkaar) bij stroom van lage spanning (fig. 2).

De eerste schakelwijze vindt alleen toepassing bij straat- en terreinverlichting, waarbij de lampen (veelal differentiaalbooglampen) in geval van onklaar worden automatisch moeten kunnen worden uitgeschakeld. De aanlegkosten zijn gering en men heeft weinig spanningsverlies over groote uitgestrektheid. Bij de parallelschakeling zijn bij eenige uitgestrektheid van het terrein zeer kostbare dikke leidingen noodig om te verzekeren, dat alle ingeschakelde lampen stroom van dezelfde spanning ontvangen. De klemspanning en die in de voedingspunten moet daarbij steeds constant blijven (shuntdynamo) en de hoeveelheid electriciteit moet evenredig aan het aantal ingeschakelde lampen zijn. In de voedingspunten kan de spanning worden versterkt door speciale voedingsleidingen.

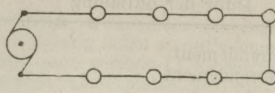


Fig. 1.

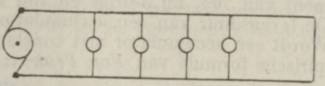


Fig. 2.

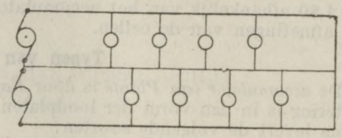


Fig. 3.

Deze worden veelal gevoed door een z.g. voorspandynamo spanningsopjager), welke het aantal Volts geeft, dat met het spanningsverlies in de voedingslijn overeenkomt.

Het *tweeleiderstelsel met parallelschakeling* wordt in het algemeen toegepast voor gloeilampverlichting en inschakeling van stroomafnemers, waarbij constante spanning noodig is. De spanning bedraagt daarbij meestal 110 Volt, ook 220 Volt bij grootere afstanden van het net. Booglampen kunnen dan in het net in serie geschakeld worden ten getale van 2 bij 110 en 4 bij 220 Volt of in verbinding met een weerstand, welke de rest van de spanning opneemt.

Bij grootere afstanden dan 500 M wordt het *drieleiderstelsel* (fig. 3) economischer wegens besparing van leidingsmateriaal, daar men om overal de constante spanning te geven aan de geleiddraden een kleinen weerstand dus grootere dikte moet geven. Hierbij is een derde leider (middelste of nulleider) ingeschakeld, waardoor verkregen wordt, dat de doorsnede der beide andere kleiner kan worden. Men verdeelt de lampen zooveel mogelijk gelijkmatig over de beide nethelften; zijn aan beide zijden evenveel aangesloten, dan gaat door den middelsten leider geen stroom. De nulleider is geaard of tusschen twee dynamo's ingeschakeld. Men kan in plaats van twee ook één dynamo van 220 Volt en een accumulatorenbatterij van dat bedrag nemen, welke batterij dan met de uiterste cellen aan de buiten- of ringleiding en met de middelste aan den nulleider is verbonden. Ook is één dynamo van 220 Volt te nemen, waarbij behalve de gewone sleepborstels op den collector nog 2 sleepveeren op de as liggen verbonden met twee diametraal gelegen collector-lamellen. Deze geven een wisselstroom aan een aan haar verbonden leiding, welke wordt geleid in een drosselspoel. De uit het midden daarvan komende nulleiding of compensatieleiding voert dan een stroom met zoodanige spanning, dat deze juist het midden houdt met de buitenleiding.

Om een zooveel mogelijk gelijkmatige belasting der beide nethelften te verkrijgen, bezigt men in groote centrales zg. vereffeningsmachines, welke evenals de verbruikstoestellen tusschen de twee groepen ingeschakeld worden (fig. 4). Deze als shuntmachine ingerichte dynamo's zullen bij gelijke belasting der nethelften als motor aanloopen, waarbij alleen stroom gebruikt wordt voor het overwinnen der doode weerstanden. Stijgt de spanning in een der helften, dan zal de daarbij

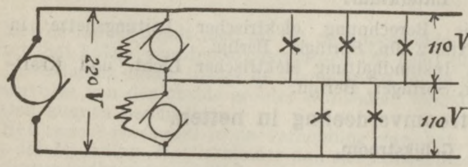


Fig. 4.

behoorende motor sneller gaan draaien en de andere dynamo medenemen, welke daardoor stroomgevend wordt in het andere deel van het net en aldaar het door de eerste dynamo meerder opgenomen arbeidsvermogen weder afgeven. De beide vereffeningsdynamo's kan men ook vervangen door accumulatorenbatterijen.

Meerdere besparing aan leidermateriaal kan men verkrijgen door toepassing van het *vijfleidernet;* men is daarvan om verschillende redenen teruggekomen (ook te Rotterdam).

Voor een bedieningsgebied van meer dan 1200 M straal wordt de toepassing van het drieleidernet ook al bezwaarlijk. Dan moet men onderstations bouwen, aan welke men de voeding van bepaalde gedeelten opdraagt. Men gaat dan liever over tot wisselstroom.

Wisselstroom.

Bij wisselstroom transformeert men den opgewekten stroom, als deze niet hoog genoeg is, direct in hoogere spanning. Bij de toepassing van draaistroom is gebleken een spanning van 5000 à 6000 Volt een economische grootte te zijn. De getransformeerde stroom van hooge spanning wordt naar het verbruiksgebied geleid en aldaar weder getransformeerd in stroom van de gebruikelijke netspanning (wissel- of gelijkstroom).

Deze laatste verdeeling kan geschieden op twee wijzen:

a. Men kan het gebied verdeelen in eenige districten en transformeert op bepaalde punten voor elk district.

b. Men kan iederen verbruiker een eigen transformator geven.

In het algemeen moet men rekening houden met de soort van verbruikstoestellen om den invloed daarvan op de netspanning te beperken, zooals bij de koppeling van gelijkstroom-serie-motoren en draaistroommotoren, welke laatste ongeveer 6 maal zoo groote stroomsterkte bij het aanzetten noodig hebben.

Bij den *driephasigen wisselstroom* (draaistroom) worden de drie met elkaar in phase verschillende wisselstroomen door middel van speciale phasekoppeling langs drie draden door het net gevoerd. Is deze phasekoppeling, welke aan de dynamo geschiedt, een *driehoekschakeling*, dan is de spanning tusschen twee der draden (phasen- of buitenleidingen) gelijk aan die van een enkele phase; de maximale stroomsterkte in den leider is evenwel $\sqrt{3}$ of 1,73 maal zoo groot als die eener phase.

Bij *sterschakeling* daarentegen is de stroom in den leider identiek met den phasestroom, maar de spanning tusschen twee leiders $\sqrt{3}$ of 1,73 maal zoo groot als de phasespanning.

Schakelt men nu lampen in elk der drie stroomtakken in, dan mag dit aantal in elk der takken alleen bij driehoekschakeling verschillend zijn, doch bij zuivere sterschakeling niet, daar dan de spanning voor de lampen geen constante waarde meer bezit. Men kan dit evenwel verhelpen door het invoegen van een neutralen leider (middelleider), welke het nulpunt van den generator met het net verbindt (draaistroom-vierleidersysteem). De laatste wijze vindt de meeste toepassing. Is de spanning van den draaistroom zeer hoog, dan moet men het sterpunt aarden om de isolatie van het net in de machines goedkooper te maken.

Men schakelt dan de lampen tusschen de drie hoofdleidingen en den middelleider in, tusschen welke leiders dan de phasespanning heerscht. Is de verbruiksspanning der toestellen 110 (220) Volt, dan zal de netspanning tusschen twee der drie phasen of buitenleidingen (gekoppelde spanning) $\sqrt{3}$ maal zoo groot moeten zijn of 190 (380) Volt.

Ook treft men nog draaistroomvierleidernetten aan met spanningen van 220 Volt tusschen de buitenleidingen zoodat de spanning tusschen phase- en nulleider $\frac{220}{\sqrt{3}} = 125$ Volt bedraagt. Worden kleine installaties aangesloten, dan worden daarnaar slechts één phaseleiding en de nulleiding toegevoerd, anders twee of alle drie. Van af het schakelbord worden alsdan de verbruikstoestellen groepsgewijze op de phaseleidingen en den nulleider aangesloten, teneinde een gelijkmatige belasting te verkrijgen.

Stroomverdeeling in de takken.

De berekening van de stroomverdeeling in de takken geschiedt met behulp van de wetten van *Ohm* en *Kirchhoff*. (zie bldz. 438).

Brug van Wheatstone.

Worden twee stroomtakken (fig. 5) door een derde of z.g. „brug" verbonden, dan zenden beide takken geen stroom door de brug, wanneer de spanningen bij het begin-

en eindpunt van de brug gelijk zijn of wanneer de I in de takken ac en ad gelijk zijn aan de I in de stukken cb en db of wanneer

$$R_{ac} : R_{ad} = R_{cb} : R_{db}$$

Men kan hiermede een onbekende R uit de evenredigheid oplossen, wanneer er drie bekend zijn.

Compensatieverbinding van Poggendorf.

Zijn 2 batterijen met verschillende E (Electromotorische kracht) (fig. 6) parallel verbonden en bevindt zich op een willekeurige plaats een brug ac, dan zal als het

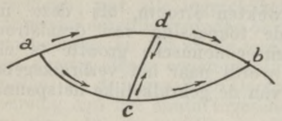


Fig. 5.

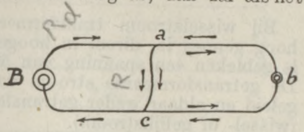


Fig. 6.

potentiaalverschil tusschen a en c gelijk is aan de zwakste batterij b er in de draden, die a en c met die batterij verbinden, geen stroom zijn. De stroomsterkte in de brug is in dit geval:

$$I = \frac{E_b}{R} = \frac{E_B}{R + R_d}$$

waarin R de weerstand der brug en R_d der aanvoerdraden Ba en Bc. Is dus E_b onbekend, dan kan men uit de andere bekende elementen deze op bovengenoemde wijze vinden.

Schakeling van weerstanden (stroomafnemers).

Zijn eenige weerstanden in een keten achter elkaar (*in serie*) geschakeld, dan is de totale weerstand gelijk aan de som dezer weerstanden. Zijn *n* gelijke weerstanden naast elkaar (*parallel*) geschakeld, dan is de totale weerstand gelijk aan 1/n gedeelte van den enkelen weerstand. Bij hetzelfde spanningsverschil in de voedingspunten wordt dus de stroomsterkte *n* maal zoo groot of krijgt iedere weerstand de bepaalde stroomsterkte, onafhankelijk van het aantal ingeschakelde weerstanden.

Verdeelt een stroom zich over twee ongelijke weerstanden r_1 en r_2, dan is de totale weerstand gelijk aan het product gedeeld door de som der weerstanden of

$$\frac{r_1 \times r}{r_1 + r_2}$$

waaruit volgt, dat de totale weerstand van parallel geschakelde weerstanden steeds kleiner is dan de kleinste dier weerstanden.

Electrische Geleidingen.

Litteratuur.

Herzog u. Feldmann. Die Berechnung elektr. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis. 2 dln. 2. Aufl. 1903—'05 Springer, Berlin.

C. Baur. Das elektrische Kabel. 2. Aufl. 1910. Springer.

Berekening van de geleidingen.

Bij de berekening van de leidingen moet rekening gehouden worden met:
1. de verwarming der leidingen,
2. de sterkte der leidingen,
3. het spanningsverlies in de leidingen,
4. de economie van het bedrijf.

1. *Berekening op verwarming.*

Geïsoleerde leidingen van geleidingskoper, blanke koperleidingen (geen buitenleidingen) tot en met 50 mM² en niet-ondergronds gelegde kabels mogen hoogstens met de volgende stroomsterkten voortdurend worden belast (volgens Art. 52 der Rijks-

voorschriften (Stbl. 21 Aug. 1906 Nr. 418) en de veiligheidsvoorschriften voor den aanleg van Electrische Sterkstroom-installaties, vastgesteld door het Kon. Inst. van Ingenieurs 1914:

Doorsnede in mM^2	Toe te laten stroomsterkte in Ampère	Nominale stroomsterkte voor het smeltstuk in Ampère
0,50	8	6
0,75	9	6
1	11	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	25	20
6	31	25
10	43	35
16	75	60
25	100	80
35	125	100
50	160	125
70	200	160
95	240	190
120	280	225
150	325	260
185	380	300
240	450	360
310	540	430
400	640	500
500	760	600
625	880	700
800	1 050	850
1 000	1 250	1 000

De bovenstaande waarden zijn verkregen door middel van een formule, welke is bepaald uit het evenwicht, dat tusschen warmte-ontwikkeling en uitstraling van den geleider moet bestaan.

Voor blanke koperleidingen van meer dan 50 mM^2 en voor alle buitenleidingen is deze tabel niet van toepassing. Zulke leidingen moeten in elk geval van zoodanige afmetingen zijn, dat zij door den hoogsten in normaal bedrijf optredenden stroom, geen temperatuur kunnen bereiken, welke voor het bedrijf of de omgeving gevaarlijk is.

Leidingen aan en in ornamenten moeten minstens 0,5 mM^2 koperdoorsnede hebben; voor pijpdraden (G. A. Leidingen) nauw omsloten door isoleering en ijzermantel, geldt 1 mM^2 als kleinste doorsnede.

Bij snel en sterk wisselende belasting en ook bij het aanloopen van motoren mag de toe te laten stroomsterkte hooger zijn dan de bovenstaande tabel aangeeft mits geen hoogere temperatuur wordt bereikt dan bij de voortdurende belasting met de in die tabel aangegeven stroomsterkte het geval zou zijn, terwijl de nominale stroomsterkte van het smeltstuk dezelfde moet zijn.

Voor *kabels* geldt de op bldz. 930 gegeven belastingstabel der V. Voorschriften.

Wanneer kabels in de lucht liggen of in kanalen en dergelijke, of bij opeenhooping van kabels in eenzelfde geul of onder soortgelijke ongunstige omstandigheden, verdient het aanbeveling de hoogste belasting te beperken tot 3/4 van de in de tabel aangegeven waarden.

De normale stroomsterkte van het smeltstuk mag bij kabels gelijk worden genomen aan de toe te laten stroomsterkte.

Aan de tabel is een temperatuur van 25° C. boven die der omgeving en de (voor Europa) met het oog op vorst gebruikelijke geuldiepte van ongeveer 70 cM ten grondslag gelegd.

Zij geldt zoolang niet meer dan twée kabels in dezelfde geul naast elkaar liggen. Afzonderlijk gelegde middenleiders blijven hierbij buiten beschouwing.

Voor afwisslende belastingen geldt ook hier de bepaling, hieronder voor koperleidingen vermeld.

Doorsnede	Toe te laten stroomsterkte in ampère bij in den grond liggenden kabel						
	éénaderige kabel tot	gevlochten tweeaderige kabel tot		gevlochten drieaderige kabel tot		gevlochten vieraderige kabel tot	
mM²	700 volt	3000 volt	10000 volt	3000 volt	10000 volt	3000 volt	10000 volt
1	24	—	—	—	—	—	—
1,5	31	—	—	—	—	—	—
2,5	41	—	—	—	—	—	—
4	55	42	—	37	—	34	—
6	70	53	—	47	—	43	—
10	95	70	65	65	60	57	55
16	130	95	90	85	80	75	70
25	170	125	115	110	105	100	95
35	210	150	140	135	125	120	115
50	260	190	175	165	155	150	140
70	320	230	215	200	190	185	170
95	385	275	255	240	225	220	205
120	450	315	290	280	260	250	240
150	510	360	335	315	300	290	275
185	575	405	380	360	340	330	310
240	670	470	—	420	—	385	—
310	785	545	—	490	—	445	—
400	910	635	—	570	—	—	—
500	1035	—	—	—	—	—	—
625	1190	—	—	—	—	—	—
800	1380	—	—	—	—	—	—
1000	1585	—	—	—	—	—	—

De ontwikkelde warmte zal voor éénzelfde stroomsterkte bij aluminium- en ijzerleidingen grooter zijn, zoodat de toe te laten belastingen daarvoor kleiner moeten zijn. Men vindt ze door omrekening uit de volgens de tabellen voor koperleidingen aangegeven stroomsterkten door deze voor aluminium met 0,78 en voor ijzer met 0,36 te vermenigvuldigen.

2. *Berekening op sterkte.*

De geringste doorsnede der koperleidingen mag volgens de genoemde Veiligheidsvoorschriften bedragen:

voor leidingen aan en in ornamenten	0,50	mM²
,, geïsoleerde leidingen bij aanleg in buizen	1	,,
op isoleerende stukken, waarvan de onderlinge afstand niet grooter dan 1 Meter is	1,5	,,
voor blanke leidingen in gebouwen	4	,,
,, geïsoleerde leidingen in en buiten gebouwen, waarbij de afstand der bevestigingspunten meer dan 1 Meter is	4	,,
Leidingen, die langs plafonds zijn aangelegd, zijn van deze bepaling vrijgesteld		
voor leidingen in de buitenlucht bij lage spanning	6	,,
idem bij hooge spanning	10	,,

Voor groote trekvastheid bezigt men koperlegeeringen zooals siliciumbrons (bij electrische tractie).

Voor *buitenleidingen* mag week uitgegloeid koperdraad niet hooger belast worden dan met 5 KG per mM², hardgetrokken koperdraad met niet meer dan 12 KG per mM². Voor aluminiumdraad is een belasting van 9 KG per mM² toegelaten.

Voor ijzelbelasting is een gewicht van 0,015 d KG per Meter in rekening te brengen, waarbij de doorsnede der leiding in mM^2. Houten masten krijgen geen grooteren afstand dan 80 meter.

3. *Berekening op spanningsverlies.*

Hierop worden gewoonlijk de lichtnetten berekend.

Het spanningsverlies in de verdeelingsleidingen voor verlichting mag, om geen invloed te hebben op de sterkte en levensduur der lampen, hoogstens 1,5 tot 2,5% van de lampenspanning bedragen bij maximaal te verwachten belasting.

Bij aansluitingsleidingen van motoren laat men liever geen grooter spanningsverlies dan 5 % toe. Het toe te laten spanningsverlies in de voedingslijnen wordt zoodanig gekozen, dat met een gering energieverlies tevens geringe aanlegkosten van de leiding gepaard gaan. Veelal bedraagt dit bij gelijkstroomleidingen 10—15 % van de maximum belasting en bij wisselstroom 2—5% (van de Ohmsche spanning).

Is 2 L de totale lengte van de heen en teruggaande leiding in meters, (bij draaistroom de enkele afstand $\times \sqrt{3}$) I de maximum stroom in Ampère, v het spanningsverlies in Volt, d de doorsnede van de leiding in mM^2 en s de soortelijke weerstand van het geleidingsmateriaal (voor koper = 0,0175) dan is

voor gelijkstroom $d = s\,\frac{2\,L\,I}{v}$ en voor draaistroom $d = s\,\frac{L\,I\sqrt{3}}{v}$

of voor koper voor gelijkstroom $d = 0{,}035\,\frac{L\,I}{v}$

en voor draaistroom $d = 0{,}03\,\frac{L\,I}{v}.$

Daar in de practijk veelal alleen de op een zeker punt over te brengen energie A (in KW) en de noodige spanning E bekend zijn, kan men de doorsnede van de leiding bij gelijkstroom beter berekenen uit

$$d = s\,\frac{2\,L\,A}{E^2\,p}\,100\,000$$

waarin p het aantal procenten van de spanning E, dat als spanningsverlies mag worden toegelaten.

Bij draaistroom is het energieverlies in de leidingen (volgens de wet van Joule)

$$s\,\frac{L}{d}\cdot\frac{3\,I^2}{1000}\ \text{Kilowatt.}$$

Bij een spanningsverlies van p% van de benoodigde energie A is dus

$$\frac{p\,A}{100} = s\,\frac{L}{d}\,\frac{3\,I^2}{1000}$$

waaruit $d = s\,\frac{L}{p}\,\frac{3\,I^2}{10\,A}.$

4. *Berekening op economie van het bedrijf.*

De doorsnede wordt hierbij zoodanig bepaald, dat de bedrijfskosten met rente en afschrijving van het aanlegkapitaal een minimum worden. (Zie bldz. 910).

Heeft men een zuiver krachtbedrijf, dan is een gelijkheid der spanningen op de verschillende plaatsen van verbruik niet volstrekt noodig en kan men de leidingen in dit geval enkel op verwarming en economie berekenen. Bij lichtverbruik zal de netspanning op verschillende punten niet meer dan 1½ à 2% mogen uiteenloopen.

Het is economisch de netspanning zoo hoog mogelijk op te voeren, maar zij mag volgens de V. V. bij laagspanning niet hooger zijn dan 300 Volt ten opzichte van de aarde.

Geleidingsmateriaal.

Volgens de reeds genoemde Veiligheids-Voorschriften mag het leidingskoper bij een lengte van 1 KM en een doorsnede van 1 mM^2 bij 15° C. geen hoogeren weerstand hebben dan 17,5 Ohm. De bij t° C. gemeten weerstand R_t moet worden omgerekend volgens de formule:

$$R_{15} = \frac{R_t}{1 + 0{,}004\,(t - 15)}$$

Het *aluminium*, dat meer en meer gebezigd wordt, heeft 1,7 maal zoo geringe geleidbaarheid, terwijl het soortelijk gewicht meer dan 3 maal zoo gering is.

Draadleidingen.

Men onderscheidt:

a. Blanke leidingen, waaronder men verstaat blank, vertind, met lood bedekt koperdraad, verzinkt of vertind ijzerdraad, aluminiumdraad, siliciumbronsdraad enz. en ook met gummiband- of vezelstof geïsoleerde leidingen.

Volgens de V. V. moet bij laagspanning de minimum doorsnede 6 mM² en bij hoogspanning 10 mM² bedragen. Grooter doorsnede dan 95 mM neemt men niet, omdat zij moeilijk gespannen kunnen worden. Men past dan meerdere van kleiner doorsnede toe. Bij grooter benoodigde doorsnede dan 25 mM² wordt zg. touwkabel van meerdere draden gebezigd. Hardgetrokken koperdraad, ofschoon ongeveer 2% minder geleidingsvermogen bezittend, is sterker dan zacht koper. IJzerleidingen bezige men liefst niet bij grooter doorsnede dan 70 mM²; bij grooter doorsnede zijn met zinkdraad omvlochten ijzeren leidingen (zg. zinkijzerleidingen) voordeeliger. Hierbij geeft het zink de geleiding en het ijzer de sterkte.

Geheel uit zink bestaande leidingen zijn ongeschikt, evenals aluminium in enkele gevallen.

Koperleidingen speciaal voor buitenleidingen (v. d. firma Linde-Teves Stokvis & Co).

Koperdoorsnede	Draden		Gewicht p. 1000 M ca.	Koperdoorsnede	Draden		Gewicht p. 1000 M ca.
mM²	aantal	diameter mM	KG	mM²	aantal	diameter mM	KG
4	1	2,3	36,98	35	19	1,53	342,6
6	,,	2,8	54,81	50	,,	1,83	447,4
10	,,	3,57	90,6	70	,,	2,16	630,9
16	1	4,5	147,9	95	19	2,52	845,7
,,	7	1,71	150,—	120	,,	2,84	1090,—
25	,,	2,13	251,6	150	,,	3,17	1370,—

Voor telegrafie: verzinkt ijzerdraad van 2,5 tot 6 mM middellijn:

Middellijn in mM	Gewicht per KM in KG	Absolute vastheid in KG	Weerstand in Ohm per KM bij 150° C.
6	216	1 130	4,78
5	150	785	6,87
4,5	122	636	8,—
4	96	502	10,74
3	54	282	19,09
2,5	37,5	196	28,06
2	24	125	43,8
1,7	17,3	90	60,—

Voor telefonie: Silicium- en phosphorbronsdraad van 1,5 mM middellijn, hardgetrokken koperdraad van 3,4 en 5 mM middellijn, of dubbelbrons- en bimetalliekdraad. Bronsdraad heeft een geleidingsvermogen van 20—43% van dat van zuiver koper en een breukvastheid van 70—115 KG per mM². Hardgetrokken koper draad heeft een breukvastheid van ± 40 KG per mM².

b. Gummiaderleidingen (fig. 1) bestaande uit een in het vuur vertinde koperkern, omgeven met een waterdicht gevulcaniseerd gummiomhulsel en bewikkeld met, — met gummi bestreken — of gedrenkt band, waarom een omspinning van katoen, hennep of soortgelijk materiaal. Zij zijn geschikt voor vasten aanleg voor spanningen tot 1000 Volt en voor aansluiting van beweegbare toestellen tot 500 Volt.

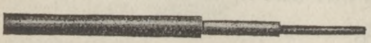


Fig. 1.

Koperdoorsnede mM²	Aantal en diameter der draden in m.M	Gewicht per 1000 meter ca. KG
1,5	1,4 (enkelvoudig draad)	31
2,5	1,8 (enkelvoudig draad)	48
4	2,25 (enkelvoudig draad)	65
6	2,75 (enkelvoudig draad)	87
10	3,57 (enkelvoudig draad)	140
16	4,52 (enkelvoudig draad)	200
16	7 × 1,71	210
25	7 × 2,13	315
35	19 × 1,53	420
50	19 × 1,83	595
70	19 × 2,17	785
95	19 × 2,52	1060
120	37 × 2	1310
150	37 × 2,25	1620
185	37 × 2,53	1990
240	61 × 2,24	2570
310	61 × 2,54	3300

Meerdradig gummiaderdraad voor spanningen tot 250 volt, speciaal geschikt voor

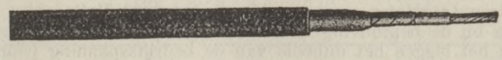


Fig. 2.

het installeeren van booglampen en halfwattlampen (fig. 2) heeft men met koperdoorsnede van 6 mM².

Gevlochten leidingen van gevulcaniseerd tweevoudig leidingdraad met vertind koperen kern met glansgaren omvlochten voor spanningen tot 300 Volt (S. A.) van de firma Linde-Teves Stokvis:

koperdoorsnede van elke ader	1	1,5	2	2,5	mM²
Gewicht per 1000 M ongeveer	37	49	58	78	KG

c. Speciale gummiaderlleidingen bewerkt als voren, alleen bestaat het gummiomhulsel uit meerdere verschillend gekleurde lagen. Zij zijn geschikt voor alle spanningen en voor aansluiting aan beweegbare toestellen tot 1500 Volt.

d. Gepantserde gummiaderleidingen zijnde enkele of meervoudige leidingen omgeven door een omvlechting of omwikkeling van metaaldraden. Dit metalen omhulsel moet worden aangebracht over een laag van een gedrenkt dicht weefsel of ander dicht materiaal, dat het indringen van afgebroken draden verhindert. Zij zijn geschikt voor vasten aanleg voor spanningen tot 1000 Volt en voor aansluiting aan beweegbare toestellen tot 500 Volt.

e. Pijpdraden, waaronder worden verstaan gummiaderleidingen, welke omgeven zijn met een dicht omsluitende metalen pijp zonder naad of met gevouwen naad. Zij zijn geschikt voor vasten aanleg voor spanningen tot 1000 Volt.

f. Gummiadersnoeren bestaande uit een kern van in het vuur vertinde koperdraden van hoogstens 0,3 mM middellijn, die ineengedraaid zijn. De met katoen omsponnen koperkern is omhuld met gevulcaniseerde gummi. Voor iedere ader moet over het gummi-omhulsel een bescherming van vezelachtig materiaal zijn aangebracht. Zij zijn geschikt voor vasten aanleg voor spanningen tot 1000 Volt en voor aansluiting van beweegbare toestellen tot 5000 Volt.

g. Ornamentleidingen, welke een ééndradige of meerdradige kern van 0,75 mM² koperdoorsnede bezitten, die in het vuur is vertind en door gevulcaniseerde gummi is omgeven, hetwelk minstens 0,6 mM dik moet zijn. Over het gummi is een omvlechting van katoen, hennep e. d., eventueel op doelmatige wijze gedrenkt. De middellijn der leiding mag niet grooter zijn dan 2,7 mM. Meerdere leidingen kunnen ineengedraaid zijn; de totale middellijn mag niet meer bedragen dan 5,4 mM. Zij zijn geschikt voor het monteeren in of aan verlichtingsornamenten voor spanningen tot 250 Volt.

h. Ontlaste snoeren met een koperdoorsnede van 0,75 mM², welke koperkern, bestaat uit in het vuur vertinde draden van hoogstens 0,3 mM middellijn die in-

eengedraaid zijn. De koperkern is met katoen omsponnen; daaroverheen is een gevulcaniseerd gummi-omhulsel van 0,6 mM dikte. Twee aders zijn met een draagkoord van geschikt materiaal ineengedraaid en hebben een gemeenschappelijke omvlechting, of ook wel afzonderlijke. Zij zijn geschikt voor het monteeren van schuiflichten voor spanningen tot 250 Volt.

Kabels.

Bij kabels moet behalve op den isolatieweerstand voornamelijk gelet worden op de doorslagspanning van den kabel.

Men heeft:

Blanke loodkabels met een waterdichten enkel- of meervoudigen loodmantel.
Geasphalteerde loodkabels.
Gepantserde geasphalteerde loodkabels zijn met ijzerband of draad gepantserd.
Gelijkstroomkabels.

De normale loodkabels voor gelijkstroom zijn éénaderig, met of zonder meetdraad voor een spanning tot 700 Volt en geïsoleerd met een gedrenkte vezelstof of papier en omgeven door een enkelen of dubbelen loodmantel. De geasphalteerde kabels hebben hierom nog een omspinning van zuurvrije gedrenkte jute en de gepantserde kabels daaromheen een bewikkeling van metaalband.

De kabels worden beproefd met een wisselstroom van 1200 Volt gedurende een half uur in de fabriek.

Wisselstroomkabels of meeraderige kabels hebben twee of meer afzonderlijke geleiders, welke concentrisch, biconcentrisch of gevlochten zijn aangebracht. De draden mogen niet dunner dan 0,8 mM zijn. Concentrische en biconcentrische kabels zijn alleen toegelaten voor spanningen tot 3000 Volt.

De spanning bij de beproeving in de fabriek moet het drievoudige, die bij de beproeving na het leggen het dubbele van de bedrijfsspanning bedragen.

De isolatieweerstand van de verschillende kabels behoeft na het leggen niet grooter te zijn dan 15 Megohm per KM voor alle doorsneden.

Telegraafkabels hoofdzakelijk met guttapercha of vezel-isolatie.

De eerste worden voor landkabels gemaakt met 7 draden van 0,66 mM, welke 1, 3, 4 of 7 aderen bevatten. De weerstand van den kabel mag niet meer bedragen dan 7 Ohm per KM bij 15° C.; de capaciteit niet meer dan 0,24 microfarad per KM.

De telegraafkabels met vezelstof worden gemaakt voor 4, 7, 14, 28, 56 en 112 leidingen, bestaande uit koperdraad van 1,5 mM middellijn. De weerstand van elke ader mag niet meer bedragen dan 9,6 Ohm per KM bij 15° C.; de capaciteit hoogstens 0,24 microfarad per KM.

Telefoonkabels hebben meestal luchtisolatie door middel van papierband. Zij bestaan uit 4, 7, 14, 28, 56, 112, 168 of 224 dubbelleidingen van 0,7—0,8 mM middellijn. Van elk paar is één leiding vertind en de andere blank. De weerstand van een ader mag bij leidingen van 0,7 mM 48 Ohm en bij leidingen van 0,8 mM 37 Ohm per KM niet overschrijden; de capaciteit respectievelijk 0,05 en 0,055 microfarad per KM.

Prijzen van geleidingsmateriaal.

De prijzen van het geleidingsmateriaal zijn van nature onderhevig aan de kopermarkt; zij worden met een toeslag verhoogd, welke in 1910 f 1,50 per 1000 M per 1 mM² bedroeg.

Blanke koperleidingen: Gemiddeld f 103,— *) per 100 KG.

Doorsnede in mM²	Aantal draden	Netto gewicht p. 1 000 M in KG	Prijs van de vertinde leiding p. 100 M *)	Prijs van de niet vertinde leiding p. 100 M	Doorsnede in mM²	Aantal draden	Netto gewicht p. 1 000 M in KG	Prijs van de vertinde leiding p. 100 M *)	Prijs van de niet vertinde leiding per 100 M *)
1	1	9	f 1,05	f 0,95	25	1	225	f 23,—	f 22,50
1,5	1	13,5	1,50	1,42	35	7	315	33,—	32,—
2,5	1	22,5	2,30	2,25	50	19	450	47,—	46,—
4	1	36	3,65	3,60	70	19	630	65,—	64,—
6	1	54	5,45	5,40	95	19	855	87,50	86,50
10	1	90	9,10	9,00	120	19	1080	110,—	109,—
16	1	144	14,50	14,40	150	19	1350	138,—	136,—

*) Vóór den oorlog.

Gummibandleidingen, bestaande uit vertind koper met katoen omsponnen, omwikkeld met zuiver ongevulcaniseerde paragummiband met katoen omsponnen, omvlochten en doortrokken van een impregneermassa, volgens de nieuwe voorschriften:

Doorsnede in mM²	Aantal draden	Prijs per 100 M Gld.*)	Doorsnede in mM²	Aantal draden	Prijs per 100 M Gld. *)
1	1	6,00	25	7	57,—
1,5	1	7,40	35	19	75,50
2,5	1	9,80	50	19	105,—
4	1	13,40	70	19	140,—
6	1	17,60	95	19	185,—
10	1	25,80	120	19	230,—
16	1	37,50	150	19	280,—

Gummiaderleidingen, bestaande uit vertind koper, met gevulcaniseerd gummi omhuld, met gummiband omwikkeld, met katoen of jute omwonden en doortrokken van een impregneer-massa, volgens de nieuwe voorschriften:

Doorsnede in mM²	Aantal draden	Prijs per 100 M Gld. *)	Doorsnede in mM²	Aantal draden	Prijs per 100 M. Gld. *)
1	1	9,80	25	7	93,—
1,5	1	11,40	35	19	115,—
2,5	1	17,00	50	19	160,—
4	1	21,10	70	19	208,—
6	1	26,50	95	19	272,—
10	1	41,00	120	37	325,—
16	7	62,00	150	37	403,—

Gummiadersnoeren, bestaande uit samengevlochten geleidingen, elk bestaande uit vertind koperdraad met katoen omsponnen, omhuld met gevulcaniseerde gummi en omvlochten met glansgaren, volgens de nieuwe voorschriften:

Tweeaderig, 2 × 1 mM², prijs per 100 M*) . . . f 24,—
,, 2 × 1,5 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 29,—
,, 2 × 2,5 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 43,—
,, 2 × 4 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 54,—
,, 2 × 6 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 67,—
Drieaderig 3 × 1 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 36,—
,, 3 × 1,5 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 43,—
,, 3 × 2,5 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 65,—
,, 3 × 4 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 81,—

Gummiadersnoeren voor booglampen (booglampkabel) volgens de nieuwste voorschriften:

Doorsnede mM²	Aantal draden	Prijs per 100 M in Gld.*)
1,5	7	13.50
2,5		19,—
4	19	25,—
6		31,—

Ornamentdraad, bestaande uit vertind koper, omhuld met gevulcaniseerd gummi en omwonden met katoen (volgens de nieuwste voorschriften):

Doorsnede 1 draad van 0,75 mM², prijs per 100 M . . . . f 7,— *)
,, 2 draden van 0,75 ,, ,, ,, 100 ,, ... - 13,— *)

*) Vóór den oorlog.

Buigzaam hijschdraad voor booglampen, bestaande uit vertind patent-kroezen-staaldraad 120—140 KG breukgrens per mM², met hennepkern:

Middellijn v. d. draad mM	Breuk-sterkte circa KG	Constructie			Prijs 100 M Gld.*)
		Aantal draden	Doorsnede van den enkelen draad	Aantal hennepkernen	
3	380	49	0,30	1	6,60
4	680	49	0,40	1	7,95
5	1090	49	0,50	1	9,40
6	1510	49	0,60	1	11,70

Materialen voor aanleg van electrische geleidingen.

Geëmailleerd stalen buizen met en zonder schroefdraad heeft men met open naad, met gesoldeerden naad en naadloos. Hoewel de naadlooze pijpen goedkooper zijn, zijn zij moeilijk te buigen en vorderen zij daardoor meerdere hulpstukken.

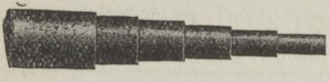


Fig. 3.

De stalen buizen van ,,Union'' materiaal (fig. 3) worden door de firma Linde-Teves Stokvis geleverd in lengten van 4 M en de afmetingen volgens tabel op blz. 937.

Als *hulpstukken* heeft men buissokken, normale en halfnormale bochten, korte bochten en T-stukken.

Zadels, beugels, en pijphaken van geëmailleerd staal of koper voor buizen van $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, en 2 Eng. dm. (fig. 4 en 5).



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

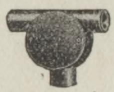


Fig. 9.



Fig. 10.

Ebonieten nippels met en zonder schroefdraad voor buizen als boven

Inspectiebochten ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, (fig. 6)

Inspectie-teestukken ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, (fig. 7)

Langwerpige vierkante doozen 2, 3 en 4 wegs met en zonder schroefdraad voor buizen als boven.

Ronde doozen 1, 2, 3 en 4 wegs met en zonder schroefdraad voor buizen als boven (Fig. 8 en 9).

Aftakdoozen met en zonder schroefdraad voor buizen van

1×1	1×1	1×1 Eng. dm.
$2 \times \frac{5}{8}$	$3 \times \frac{5}{8}$	$2 \times \frac{3}{4}$,, ,, (fig. 10).

Looden dookmoeren en houtschroeven voor bevestigen van pijpbeugels en zadels aan muren met dooklengten van 40 tot 80 mM.

Stalen banden met kogel voor het intrekken der leidingen.

Afmetingen van pantserbuizen, fabrikaat „Union".

Buitenw. diameter Eng. dm. Buitenwerksche diameter mM		3/8 9,5	1/2 13	5/8 16	3/4 19	7/8 22	1 25	1 1/4 32	1 1/2 38	1 3/4 44	2 52
Geëmailleerd stalen buis met open naad	Binnenw. diam. mM Dikte mM Gew. KG/p. 100 M	7,7 0,9 23	11,2 0,9 35	14 1,02 42	17 1,02 55	19,5 1,22 68	22,5 1,22 78	29 1,42 120	34,5 1,63 148	40,5 1,63 170	48,5 1,8 196
Met gesoldeerden naad	Binnenw. diam. mM Dikte mM Gew. KG/p. 100 M	7,5 1,02 26	11 1,02 38	13,5 1,22 50	16,5 1,22 65	19,5 1,22 70	22,5 1,22 80	29 1,42 124	34,5 1,63 152	40,5 1,63 175	48,5 1,83 202
Met gesoldeerden naad en schroefdraad a/beide einden	Binnenw. diam. mM Dikte mM Gew. KG/p. 100 M	— — —	10 1,42 40	13 1,42 65	15,8 1,63 75	18,8 1,63 85	22,8 1,63 112	28 2,03 150	33 2,34 215	39 2,34 245	47 2,34 275
Naadloos getrokken	Binnenw. diam. mM Dikte mM Gew. KG/p. 100 M	— — —	11,2 0,9 35	14,25 0,9 37	17 1,02 55	20 1,02 57	23 1,02 65	30 1,02 86	36 1,02 94	42,5 1,22 128	49,5 1,22 132
Naadloos getrokken met schroefdraad a/beide einden	Binnenw. diam. mM Dikte mM Gew. KG/p. 100 M	— — —	10,2 1,42 56	12,8 1,63 67	15,8 1,63 88	— — —	21,4 1,83 117	28,4 1,83 154	34,4 1,83 167	— — —	48 2,03 217

Electrische Meetinstrumenten.

Litteratuur.

H. J. van Lonkhuyzen. Technische electrische meetinstrumenten. Æ. E. Kluwer, Deventer. f 2.90.
F. A. Holleman Jr. Electriciteitsmeters en stroomleveringstarieven, met beweegbaar model. Æ. E. Kluwer, Deventer. f 1,75.
G. J. van Swaay. Magnetische en electrische metingen. 1901. J. Waltman Jr. Geb. f 9,—.
De Ingenieur 1910, bldz. 140.
F. Niethammer. Electrotechnisches Praktikum. 1902. Enke. Stuttgart.
Robert Mayer. Elektrische Meszkunde. Franz Deuticke, Wien.
H. Armagnat. Mesures électriques.

Het meten van *electrische stroomen* geschiedt met den *Ampèremeter*. Berust de werking van het instrument op de magnetische eigenschappen van den stroom, dan bestaat het uit een weekijzeren kern, welke naar gelang van de stroomsterkte in mindere of meerdere mate wordt aangetrokken door een draadspoel, waardoor de stroom gaat en waarvan de uitslag op een schaal wordt afgelezen. Wordt gebruik gemaakt van de magnetische werking van de stroomen, zooals voor de meting van wisselstroomen, dan heeft men twee spoelen, een vaste of stroomspoel, waardoor de stroom gaat en een beweeglijke of spanningsspoel, tusschen wier beide klemmen de volle spanning heerscht, welke beide spoelen elkaar aantrekken.

Voor directe schakeling in de stroomleiding bezitten de Ampèremeters een spoel met weinig maar dikke windingen en geringen weerstand (0,001 à 0,1 Ohm).

Tegenwoordig bezigt men veelal Ampèremeters, welke niet door den hoofdstroom worden doorloopen, maar daarmede in zoogenaamde aftakking zijn geschakeld. De weerstand van den meter is daarbij groot gemaakt door het aantal windingen in de spoel groot en dun te nemen, zoodat daardoor slechts zwakke stroomen gaan. Door de verhouding der weerstanden van den meter en van het gedeelte van de hoofdleiding, waartusschen de meter geschakeld is 99,999 enz. maal te nemen, wordt op den meter 1/100, 1/1000, enz. maal de stroomsterkte in de hoofdleiding afgelezen.

Op dit beginsel berusten de Westonmeters, welke door hun bijzondere constructie nauwkeurig wijzen en tevens voor Voltmeter kunnen worden gebruikt.

De Ampèremeters met demping van de naaldbeweging zijn beter dan die zonder demping.

Het meten van het electrisch *spanningsverschil* tusschen twee punten geschiedt met den *Voltmeter*, welke eigenlijk Ampèremeters zijn voor zwakke stroomen. Zij berusten op het beginsel, dat bij onveranderlijken weerstand sterker stroom gaat, naarmate de spanning hooger is. Men geeft den meter een grooten weerstand (1000 à 1500 en meer Ohm) door middel van vele windingen van dun draad. De schaalverdeeling is voor Volts ingericht.

De bovengenoemde Ampère- en Voltmeters zijn alleen voor gelijkstroom geschikt of na speciale ijking alleen voor wisselstroom. Meters, die zoowel voor gelijk- als wisselstroom, juist aanwijzen, berustend op het beginsel van verwarming en dientengevolge uitzetting van den geleidingsdraad (hittedraadinstrumenten). Hiertoe behooren de *Cardew*-Voltmeter en die van *Hartmann* en *Braun*.

Het meten van den door den stroom geleverden arbeid (Volt-Ampère of Watt) geschiedt met zoogen. tellers. Is de spanning in het net tengevolge van de nauwkeurig reguleerende apparaten nagenoeg constant, dan kan men volstaan met alleen het aantal Ampère-uren te kennen, welke kunnen worden afgelezen op z.g. Ampère-uren tellers (Coulomb-tellers) w.o. die van *Aron*.

Waar men ook den invloed van de netspanning in aanmerking moet nemen, en bij wisselstroom met motorenbelasting, maakt men gebruik van Wattmeters, welke berusten op de dynamische werking der stroomen op elkaar en welke in den regel bestaan uit een kleinen door den stroom gevoeden electromotor, waarvan het aantal omwentelingen wordt bepaald.

Een dergelijk type is dat van *Thomson*, zoowel voor gelijk- als wisselstroom.

De *Ferraris*-instrumenten (zoowel Ampère-, Volt en Wattmeters) worden bij wisselstroom gebezigd. Zij berusten op het beginsel, dat een in een draaiveld geplaatste ijzeren trommel of schijf dit zal trachten te volgen tengevolge van de in het ijzer geïn-

duceerde wervelstroomen, welke volgens de wet van *Lenz* zoodanige richting hebben, dat zij de scheppende oorzaak trachten tegen te gaan.

Tot deze soort behooren de verbruiksmeters van *Siemens* en *Halske*.

Handelstypen en prijzen van electrische meetinstrumenten (vóór den oorlog).

Electromagnetische Volt- en Ampèremeters met demping, voor gelijk- of wisselstroom:

Voltmeters			Ampèremeters		
Schaal tot Volt	Prijs in gld. voor een grondplaatmiddellijn van 130 mM	225 mM	Voor normale belasting tot Ampère	Prijs in gld. voor spanningen tot 600 Volt en grondplaatmiddellijn van 130 mM	225 mM
5			4		
12			8		
25			12		
50	11,—	16,50	16		
70			24	10,—	13,—
100			30		
150			45		
200	13,—	18,—	60		
250			75		
350	13 ,—	19,50	100		
600		23,—	125		
			150		
			200		17,50
			250		
			300		
			400		20,50
			500		26,50
			600		

Precisie-, Volt- en Ampèremeters kostten f 8 à *f* 10,— meer.

Hittedraad-, Volt- en Ampèremeters *f* 15 à *f* 20,— meer.

Volt- en Ampèremeters in draagbare uitvoering *f* 5 à *f* 10,— meer.

Electriciteitstellers van *Aron* (met slingeruurwerk) voor gelijkstroom voor spanningen van 150 en 2 × 150 Volt en stroomsterkten van 5 tot 500 Ampère kostten per stuk f 60,— tot f 200,—; de motortellers van *Aron* voor wisselstroom van 5 tot 300 Ampère en 150 tot 250 Volt f 40,— tot f 120,—.

De Watturentellers (Watt-meters) kosten voor gelijkstroom van 3 tot 100 Ampère f 40,— tot f 90,—; voor wisselstroom van 3 tot 250 Ampère f 40,— tot f 120,—.

Mechanische krachtoverbrenging.

Litteratuur.

G. D. Jerie. Die Maschinen-Elemente, M. Schäfer, Leipzig.
Haberstroh, Weidlich, Görts und Stegemann. Anlage von Fabriken. Teubner, Leipzig.
Ad. Ernst. Ausrückbare Kupplungen.
W. Greiner. Die Transmissionen, Ihre Konstruktion, Berechnung, Anlage, Montage und Wartung.

De kracht voor het drijven van arbeidsmachines kan worden geleverd door een stoommachine, verbrandings- of electrischen motor met riemoverbrenging en de benoodigde drijfwerken of direct door koppeling van electromotoren, in welk geval men van zuivere electrische beweegkracht kan spreken.

Een goede stoommachine, met goed uitgevoerde drijfwerken kan in vele gevallen nog te verkiezen zijn boven een krachtoverbrenging met electromotoren. De reparaties en de aanleg- en onderhoudskosten van electromotoren zijn hooger dan bij riemoverbrenging, al hebben de goedkoope en eenvoudige draaistroommotoren deze veel verminderd. De bedrijfskosten hangen veel van de tarieven af, waarop electrische stroom is te verkrijgen, in het algemeen is het stroomverbruik van kleine motoren grooter dan van dat de grootere. Waar de electriciteit zelf moet worden opgewekt, zonder dat van een natuurlijke krachtbron kan worden gebruik gemaakt, doet men voordeeliger de krachtbron direct voor drijfkracht met riemoverbrenging te benutten, tenzij de werkplaatsen op groote afstanden en verschillende plaatsen van elkaar gelegen zijn en een groepsgewijze krachtoverbrenging met electromotoren van nut kan zijn. Deze groepsgewijze overbrenging met electromotor heeft veel voor op de directe koppeling met electromotoren of de stuksgewijze overbrenging en wel

1e. gebruikt men veel minder aan kracht ,daar een werktuig niet altijd bij volle belasting werkt en het nuttig effect van kleine motoren bij kleinere belasting in groote mate daalt;

2e. is dikwijls voor het arbeidswerktuig een bijzondere constructie van motor noodig, welke bij onklaar worden veel stoornis aan het geheele bedrijf kan geven;

3e. kan een tijdelijke sterke overbelasting voorkomen, welke voor den direct gekoppelden motor nadeelig kan zijn, hetgeen bij riemoverbrenging niet die gevaren geeft.

Daartegenover staat:

1e. dat bij het aandrijven door een afzonderlijken motor de snelheid goed regelbaar is, wat vooral van waarde is bij schaafbanken en boormachines;

2e. kan de geheele inrichting van het gebouw eenvoudiger gehouden worden en vallen de zware drijfassen weg.

De stuksgewijze overbrenging is dan ook meer geschikt voor snelloopend en gedurig onderbroken bedrijf, en voor zware arbeidsmachines.

Bij kleine arbeidsmachines als draaibanken wegen de kosten van den electromotor niet op tegen de voordeelen, die men daarvan heeft en is het economischer het drijfwerk bij onderbroken bedrijf mede te laten loopen.

Bij middelbare bedrijven is het totaal nuttig effect van de overbrenging met drijfwerken zelden meer dan 0,60 tot 0,70; electrische overbrenging laat dikwijls een rendement van 0,90 toe en bij groepsgewijze overbrenging tot 0,80.

Bij groote inrichtingen, waar de electriciteit voor krachtbron wordt opgewekt, kan men rekenen voor de dynamo 0,92—0,95,
de leiding 0,95—0,97,
den motor 0,85—0,90.

Bij electromotoren met riembedrijf moet het aantal omwentelingen zoo groot genomen worden, dat de verhouding tusschen het aantal omwentelingen van de aangedreven as en dat van den motor niet grooter is dan 1 : 6. De afmetingen der riemschijf op den motor moeten zoo mogelijk normaal gehouden worden. Worden

de afmetingen van de transmissieschijf daarbij te groot, dan kunnen de beide schijven kleiner genomen worden, totdat de grens der motorschijfafmetingen bereikt is. Tusschentransmissies mogen in den regel niet meer dan 300 tot 350 omwentelingen per minuut maken. Het is aanbevelenswaard alle motoren op spanslede te monteeren.

Aandrijving met electromotoren. (Zie ook bij Electromotoren, bldz. 914).

Men heeft zoowel bij gelijk- als draaistroom electromotoren met shunt- en seriewikkeling. De eerste soort met practisch gelijkblijvend omwentelingsgetal bij alle belastingen wordt bij gelijkstroom vertegenwoordigd door den shuntmotor en bij draai- en éénphasenstroom door den asynchroonmotor en de draaistroomcollectormotor met shuntschakeling. Deze soort vormt den motor voor transmissie. De tweede soort met een van de belasting afhankelijk omwentelingsgetal wordt bij gelijkstroom vertegenwoordigd door den serie- of hoofdstroommotor en bij draaistroom door den draaistroomcollectormotor met serieschakeling en bij éénphasenstroom door den éénphasencommutatormotor. Deze soort motoren komen in aanmerking bij kranen, enz. waar bij toenemende belasting vermindering van het omwentelingsgetal gewenscht is. De synchrone draaistroommotor heeft een omwentelingsgetal, dat onafhankelijk van de belasting en absoluut constant is, maar hij loopt niet met belasting aan.

Bij draaistroom komt de asynchrone motor, die eenvoudig gebouwd, beter werkt en geringe bediening vordert, meer in aanmerking dan de collectormotor, zelfs bij bedrijven, waar een seriewikkelingsmotor meer gewenscht is.

In het algemeen zijn snelloopende motoren goedkooper in prijs.

Transmissie met drijfassen.

Hierbij doet men voordeelig de krachtmachine in het midden van het veld te houden en de arbeidsmachines naar haar grootte op te stellen, zoodanig, dat die, welke den meesten arbeid verbruiken, het dichtst bij de krachtbron gelegen zijn. Tandraderen zijn zooveel mogelijk door schijven met riem- of snaaroverbrenging te vervangen. Een krachtsbesparing krijgt men door hoofddrijfwerk op kogels te laten loopen. Men neme de omwentelingssnelheid zoo hoog mogelijk, daar hierbij de assen dunner en het geheel lichter kunnen uitvallen. Voordeelige snelheden voor de hoofdas zijn:

a. voor metaalbewerking 125—200 omw. per minuut.
b. ,, spinnerijen, houtbewerking enz. 250—350 omw. per minuut.

Hooger dan 400 omwentelingen gaat men in den regel niet.

Drijfassen, koppelingen, kussenblokken, enz.

Voor de bepaling van de afmeting van de drijfas kan men gebruik maken van de volgende formule

$$d = 2\,\frac{I_p\,\tau}{PR}$$

waarin P de nuttige omtrekskracht aan de schijf in KG
R de straal van de schijf in cM
d de middellijn van de as in cM
I_p het polaire traagheidsmoment der asdoorsnede
τ de schuifspanning in de as toe te laten

Neemt men τ = 200 KG/cM² en $I_p = \frac{\pi\, d^4}{32}$

dan wordt

$$d = \sqrt{\frac{P\,R}{40}}$$

of uitgedrukt in het aantal over te brengen paardekrachten N bij het aantal n omwentelingen per minuut

$$d = 12\,\sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

De afstanden der ondersteuningspunten van de as kieze men zoodanig, dat op elke plaats arbeid kan worden ontnomen, zonder te groote buigspanningen in de as. Bij grooten afstand der ondersteuningspunten en bij groot aantal omwentelingen ontstaat een zg. *elastische* as. De middelpuntvliedende kracht, welke door het niet samenvallen van het zwaartepunt der schijven met de as ontstaat (zie bij Schijven bldz. 948), wordt in dit geval ook grooter en de doorbuiging van de as dientengevolge ook groot.

MIJ. VAN NIJVERHEID | VASTGESTELD JULI 1919 | KON. INST. v. ING.

HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

TOELICHTING ACHTERZIJDE INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU TELEGRAM STANDAARD TELEFOON 804 DELFT VERWERSDIJK 56

NORMALE ASMIDDELLIJNEN d IN mm

d	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	70	75	80	90	100	110	125	140	160

UITSLUITEND VOOR DRIJFWERK

NORMALE AANTALLEN OMWENTELINGEN n PER mn

n	100	120	140	160	180	200	240	280	320	400	480

NORMALE STEUNPUNTSAFSTANDEN s IN cm

d	25	30	35	40	45	50	55	60	65
s	150	175	200	200	225	225	250	250	275

d	70	75	80	90	100	110	125	140	160
s	275	300	300	300	325	350	350	375	400

DEZE AFSTANDEN ZIJN MAXIMA DOCH KUNNEN MET 25% WORDEN OVERSCHREDEN TOT EEN MAXIMUM VAN 4 METER IN GEVALLEN DAT ALLE RIEMSCHIJVEN, KOPPELINGEN, ENZ. DICHT BIJ DE STEUNPUNTEN ZIJN AANGEBRACHT

DRIJFWERK
ASMIDDELLIJNEN
AANTALLEN OMWENTELINGEN
STEUNPUNTS-AFSTANDEN

N 5

I.I.B. 621 8

Opmerking bij bovenstaande tabel. De aantallen omwentelingen zijn voornamelijk genoemd als handleiding en ter bevordering van het werken met deelbare getallen.

Voor lichte assen zijn kussenblokken met kogelvormige metaalvoering de bruikbaarste, daar deze eenige doorbuiging der assen toelaten.

Bij zware assen is zulk een voorziening niet noodig, maar worden zij toch met voordeel aangewend. Tegenwoordig gebruikt men bij voorkeur ringsmeerkussens, waarbij het olieverbruik niet alleen gering is, maar waarbij ook de olievulling eerst na een maand behoeft te geschieden.

De hieronder volgende tabel geeft de door de Normalisatie-Commissie vastgestelde maximum vermogens bij de normale drijfassterkten en aantallen omwentelingen.

MIJ. VAN NIJVERHEID | VASTGESTELD JULI 1919 | KON. INST. v. ING.

HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

n	100	120	140	160	180	200	240	280	320	400	480	τ
d in mm	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	
25	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,4	116
30	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	2,8	3,8	4,4	120
35	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,8	4,4	5,2	6,4	7,6	134
40	2,6	3,1	3,6	4,2	4,7	5,2	6,2	7,2	8,4	10,4	12,4	147
45	3,9	4,7	5,5	6,2	7	7,8	9,4	11	12,4	15,6	18,8	154
50	5,6	6,7	7,8	9	10,1	11,2	13,4	15,6	18	22	27	162
55	7,8	9,4	10,9	12,5	14	15,6	18,8	22	25	31	37	169
60	10,6	12,7	14,8	17	19,1	21	25	30	34	42	50	177
65	14	16,8	19,6	22	25	28	34	39	44	56	68	184
70	18,2	22	25	29	33	36	44	50	58	72	88	191
75	23	28	32	37	41	46	56	64	74	92	112	197
80	29	35	41	46	52	58	70	82	92	116	140	200
90	44	53	62	70	79	88	106	124	140	176	210	218
100	63	76	88	101	113	126	152	176	200	250	300	227
110	88	106	123	141	158	176	210	250	280	350	420	239
125	138	166	193	220	250	280	330	390	440	550	660	254
140	210	250	290	330	370	410	490	570	660	820	1000	269
160	330	390	460	530	590	660	790	920	1100	1300	1600	290

VERMOGENS VOOR ALGEMEEN GEBRUIK

BEREKEND VOLGENS: $N = \frac{d^{3,5} \times n}{5000}$

SCHUIFSPANNING BEREKEND VOLGENS: $\tau = \frac{36000}{d^3} \times \frac{N}{n}$

VOOR BIJZONDERE GEVALLEN TOT 60% MEER

N = OVER TE BRENGEN VERMOGEN IN PK
d = ASMIDDELLIJN IN cm
n = AANTAL OMWENTELINGEN PER mn
τ = SCHUIFSPANNING IN kg/cm²

DRIJFWERK
OVER TE BRENGEN VERMOGEN
BIJ NORMALE AANTALLEN OMWENTELINGEN

N 6

I.I.B: 621 8.

TELEGRAM STANDAARD DELFT TELEFOON 804 VERWERSDIJK 56

TOELICHTING ACHTERZIJDE INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU

Opmerkingen: 1. De tabel houdt rekening met het meest algemeene geval. Voor gelijkmatige en vooraf nauwkeurig bekende belasting (b.v. spinnerijen) kan tot 60% meer vermogen worden overgebracht.

2. Gewezen wordt op het verlies in snelheid door den zoogenaamden riemslip. Hiervoor laten zich geen normale cijfers aangeven. Gewoonlijk rekent men met 2 tot 3%. Bij doelmatig gebruik van spanrollen kan de riemslip worden verwaarloosd.

MIJ. VAN NIJVERHEID | VASTGESTELD JULI 1919 | KON. INST. v. ING.

HOOFDCOMMISSIE VOOR DE NORMALISATIE IN NEDERLAND

TOELICHTING ACHTERZIJDE — INLICHTINGEN AAN HET CENTRAAL NORMALISATIE BUREAU — TELEGRAM STANDAARD — TELEFOON 804 — DELFT — VERWERSDIJK 58

MATERIAAL VOORSCHRIFTEN
UITSLUITEND VOOR GEDRAAIDE DRIJFWERKASSEN

BREEKSPANNING 36–44 kg/mm^2, MINIMUM REK 22%

KWALITEIT I.B. GEWALST MATERIAAL

VOLGENS DE A.V.IJ.-K.I.v.I. 1911

GEWICHTEN, LENGTEN EN MAATGRENZEN VOOR BLANKE DRIJFWERKASSEN

ASMIDDELLIJN IN mm	25	30	35	40	45	50	55	60	65
MAXIMUM MIDDELLIJN	25	30	35	40	45	50	55	60	65
MINIMUM MIDDELLIJN	24,90	29,90	34,90	39,90	44,90	49,90	54,90	59,90	64,90
LENGTE IN m ○	5	5	5	5	5	7	7	7	7
GEWICHT PER m. IN kg ⊙	3,9	5,5	7,6	9,9	12,5	15,4	18,7	22	26

ASMIDDELLIJN IN mm	70	75	80	90	100	110	125	140	160
MAXIMUM MIDDELLIJN	70	75	80	90	100	110	125	140	160
MINIMUM MIDDELLIJN	69,90	74,90	79,90	89,90	99,90	109,90	124,90	139,90	159,90
LENGTE IN m ○	7	7	7	7	7	5	5	5	5
GEWICHT PER m. IN kg ⊙	30	35	40	50	62	75	96	121	158

⊙ VOLGENS SOORTELIJK GEWICHT 7,85

○ OP DEZE BESTELMAAT WORDT EEN AFWIJKING VAN MAXIMUM 10 mm UITSLUITEND NAAR ONDEREN TOEGELATEN

DRIJFWERK
MATERIAAL VOORSCHRIFTEN, GEWICHTEN, LENGTEN EN MAATGRENZEN VOOR ASSEN

N 7

I.I.B: 621 8

De koppeling der assen onderling geschiedt door middel van vaste of losse koppelingen. De eenvoudigste vaste koppeling is de zg. mofkoppeling, welke evenwel lastig

is los te nemen. Beter is de klemkoppelbus met ringen, die een dubbel kegelvormig afgedraaide veerende of uit 2 stukken bestaande gietijzeren bus op de aseinden vastklemmen. De onder de eerste behoorende schijfkoppelingen moeten nauwkeurig op de assen worden bevestigd. Gemakkelijker te monteeren is de Sellerskoppeling. Bij drijfwerken, die bij tijden moeten worden uitgeschakeld, bezigt men losse koppelingen, w.o. tand- en frictiekoppelingen. De laatste kunnen ook onder het bedrijf worden uitgeschakeld, hetgeen evenwel geschiedt na het over elkaar glijden der wrijvingsvlakken, hetgeen slijtage en groot krachtverlies ten gevolge heeft. Assen, welke niet in elkaars verlengde liggen, worden met een scharnierkoppeling verbonden.

Blankbewerkte assen moeten geregeld onderhouden worden en van te voren met een doorzichtige, duurzame vernislaag worden beschermd; onbewerkte assen krijgen een grondlaag van menie, waarop later een deklaag van andere verf kan worden aangebracht.

De ashalzen of tappen kunnen loopen in metalen van brons, wit metaal (brons, gietijzer of gietstaal met wit metaal gevoerd) of gietijzer. Voor slijtage kan men ze harden.

Bronzen metalen worden gebezigd voor langzaam loopende assen; het meest gebruikt wordt gietijzer met wit metaal gevoerd, dat hoewel zacht en gemakkelijk te bewerken, toch een hooge vlaktedruk kan verdragen bij geringe slijtage. Het smelt bij warm loopen van de as, zoodat deze minder beschadigt en geringe kans op breken bestaat.

Bij ondersteuning op kogels is de wrijvingsarbeid geringer bij kleiner aantal kogels van groote middellijn. (Zie verder bij Wrijving en Weerstand.)

Afmetingen en prijzen (vóór den oorlog.)

Gedraaide en gepolijste stalen drijfassen heeft men in courante maten van 20 tot 125 mM met een handelslengte van 6—8 Meter.

Prijzen voor assen van 20—45 mM f 14,50 per 100 KG
50—102 ,, - 12,40 ,, ,, ,,
105—125 ,, - 14,— ,, ,, ,,

Koppelingen.

Prijzen van verschillende koppelingen voor drijfassen:

Asgat in mM . . .	40	50	60	70	80	90	100	120	150
Klemkoppelbussen .	f 5,25	f 9,—	f 9,—	f 11,25	f 15,—	f 18,—	f 22,50	f 36,—	f 60,—
Flens ,, .	5,1(	8,30	11,60	14,60	19,65	22,50	28,—	43,—	69,—
Klauw ,, .	20,—	25,—	33,—	45,—	50,—	62,—	80,—	110,—	170,—
Frictiekoppelingen: type ,,Equalpressure"	140,—		165,—		200,—		255,—	335,—	445,—

Kussenblokken.

Goedkoope normale kussenblokken met bronzen metalen, alleen voor weinig snelloopend drijfwerk, courante afmetingen van het asgat 25—100 mM;

Middellijn asgat in mM	20—25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	150
Prijs per stuk	f 2,95	3,30	4,75	6,75	8,55	11,45	15,20	19,—	22,85	32,75	38,50	81,70

Zelfsmerende kussenblokken met smeerringen, voorzien van zware bronzen metalen en geschikt voor alle soorten drijfwerken:

Middellijn asgat in mM	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130	150
Prijs per stuk	f 4,65	6,15	8,20	11,20	16,40	20,45	25,45	33,55	46,55	60,20	84,—
Idem met vaste wit metalen lagers voor zwaar drijfwerk	—	—	—	15,—	21,50	23,50	27,50	36,50	40,—	58,—	—

Ringsmeerkussenblokken, systeem Sellers (fig. 1).

Asdikte in mM	40	50	60	70	80	90	100	110
Prijs . .	f 9,30	11,30	14,10	17,40	20,65	24,30	28,75	32,80

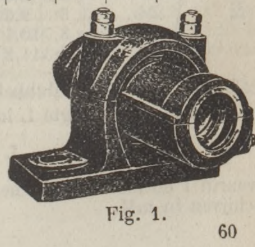


Fig. 1.

Drijfriemen, snaren, kabels.

Riemen zijn het doelmatigst bij kleine en middelmatige vermogens en bij matige afstanden der schijven; zij kunnen nog worden toegepast bij snelheden van 30 tot 32 M per sec.

De overbrenging door middel van snaren of kabels vindt toepassing bij groote afstanden, waarbij een afstand van 1000 M nog niet als maximum is te beschouwen. Bij grootere lengte dan 150 M wordt de afstand in kleinere afstanden verdeeld. De doelmatigste afstand der drijfassen bij smalle riemen tot 100 mM breedte is 5 M, bij meerdere breedte tot 10 M.

De theoretische omloopsnelheid van een riem of snaar is

$$v = \frac{1}{60}\, n\, \pi\, D$$

waarin D de middellijn van de schijf en n het aantal omwentelingen per minuut. Evenwel heeft eenige slipping van den riem over de schijf plaats, zoodat men veelal rekent v = 0,05 n D, waarin een zekerheid van 4,5% opgesloten ligt. De riemsnelheid worde niet onder de 8 tot 10 Meter per sec. genomen en hoogstens 35 M per sec.

De kracht P in KG, welke op den omtrek van de schijf werkt, is groot

$$1/v \cdot N \cdot 75$$

of bij aanname van bovengenoemde practische snelheid

$$P = \frac{1500\ N}{n\,D}\ KG$$

waarin N het aantal overgebrachte PK.

Als maximum riemspanning in het bedrijf kan 20 tot 25 KG per cM² worden toegelaten, waarbij grootere dikte der riemen dan 7 à 8 mM moet vermeden worden.

Tabel voor het berekenen van drijfriemen.

Riembreedte in mM	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	400	500	600
Riemdikte in mM	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8
Trekkracht P a/d omtrek in KG. . .	25	30	43	50	56	75	90	122	140	157	175	220	300	400	500	600
Gewicht in KG per Meter	0,25	0,30	0,35	0,45	0,53	0,60	0,73	0,90	1,15	1,25	1,50	1,63	2,34	2,98	3,72	4,46
	Aantal over te brengen paardekrachten.															
Riemsnelheid in Meters per seconde. 4	1,3	1,6	2,2	2,6	3	4	4,8	6,5	7,5	8,4	9,3	11,7	16	21,3	26,6	32
5	1,7	2	2,9	3,3	3,7	5	6	8,1	9,3	10,5	11,7	14,7	20	26,6	33,3	40
6	2	2,4	3,4	4	4,5	6	7,2	9,8	11,2	12,6	14	18,6	24	32	40	48
7	2,3	2,8	4	4,7	5,2	7	8,4	11,4	13,1	14,6	16,3	20,5	28	37,3	46,7	56
8	2,7	3,2	4,6	5,3	6	8	9,6	13	14,9	16,7	18,7	23,5	32	42,7	53	64
10	3,3	4	5,7	6,7	7,5	10	12	16,3	18,7	20,9	23,3	29,3	40	53	67	80
12	4	4,8	6,9	8	9	12	14,4	19,5	22,4	25,1	28	35,2	48	64	80	96
14	4,7	5,6	8	9,2	10,4	14	16,8	22,8	26,1	29,3	32,7	41,1	56	75	93	112
16	5,3	6,4	9,2	10,7	11,9	16	19,2	26	29,9	33,5	37,3	46,9	64	85	107	128
18	6	7,2	10,3	12	13,4	18	21,6	29,3	33,6	37,7	42	53	72	96	120	144
20	6,7	8	11,5	13,3	14,9	20	24	32,5	37,3	41,9	46,7	59	80	107	133	160
22	7,3	8,8	12,6	14,7	16,4	22	26,4	35,8	41,1	46	51	64	88	117	147	176
24	8	9,6	13,8	17	17,9	24	28,8	39	44,8	50,2	56	70	96	128	160	192
26	8,7	10,4	14,9	17,3	19,4	26	31,2	42,3	48,5	54,4	61	76	104	139	173	208
28	9,3	11,2	16	18,7	20,9	28	33,6	45,5	52	59	65,3	82	112	149	187	224

Bij het gebruik van dubbele riemen neme men 0,7 van de breedte der enkele riemen.

De benoodigde lengte L in M der drijfriemen, snaren, enz. kan men berekenen uit

$$L = 314\ \frac{D + d}{2} + 2\,l$$

waarin l de afstand tusschen de beide transmissieassen, D en d middellijnen der schijven in mM.

Riemen zullen op riemschijven ,die niet overal dezelfde middellijn hebben, oploopen naar den hoogen kant of grootste schijfmiddellijn. De schijven moeten dus een weinig bol zijn gedraaid. Voor evenwijdige assen heeft men open of gekruiste riemen alnaar de draairichting; gekruiste riemen glijden met de binnenzijde over elkaar waardoor zij glad worden en de wrijving op de schijven vermindert. Heeft men open riemen, dan neemt men den ondersten trekkend, daar in dit geval de hoek van aanraking tusschen riem en schijf grooter wordt. Bij elkaar snijdende assen kan men alleen riemoverbrenging hebben met behulp van geleidingsrollen. Bij kruising der assen is alleen goede stand der schijven mogelijk, wanneer deze plaats heeft volgens figuur 2. In het algemeen moet elk afloopend riemgedeelte zich bevinden in het middenvlak van de volgende schijf, zoodat de snijlijn der middenvlakken de schijven raakt op de plaats van den afloopenden riem. Bij halfgekruiste riemen moeten de schijven iets naar buiten worden gelegd. In plaats van riemen bezige men voor haaksche overbrenging haaksche koppeling op één der assen, daar de riemen te veel verwrongen worden. Om het aantal omwentelingen van de gedreven as veranderlijk te doen zijn, maakt men gebruik van *trapschijven*, d. z. schijven van verschillende middellijn naast elkaar. Om met een riem van dezelfde lengte de overbrenging te kunnen doen plaats hebben moet de som der schijfmiddellijnen of $R_1 + R_2$ = constant zijn. Bij gebruik van open riemen neme men in aanmerking, dat de spanning daarin bij verschillende overbrenging niet geheel dezelfde blijft.

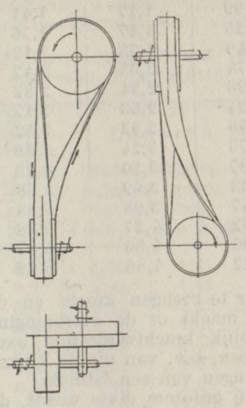


Fig. 2.

Bij geleidelijken overgang van het aantal omwentelingen maakt men gebruik van kegelvormige schijven of trommels.

Het slippen van een reeds gespannen riem kan het gevolg zijn van:

a. het te klein zijn van den omspanningsboog van den riem over de riemschijf, waarin verbetering kan worden gebracht door het aanbrengen van een spanrol;

b. de schijven, welke te weinig bol zijn gedraaid, hetgeen moet worden verbeterd of verholpen door het aanbrengen van een vloeibare riempasta, waarmede aan de velg naar willekeur de gewenschte vorm kan worden gegeven, terwijl de pasta tevens de trekkracht verhoogt;

c. het te zwaar belast zijn van den riem, zoodat een breedere riem moet genomen worden;

d. de te geringe riemsnelheid; dan moeten de beide schijven evenredig worden vergroot.

De riemen worden het best aan den binnenkant geregeld met gekookte lijnolie, traan of een mengsel van stearine en bijenwas ingesmeerd. Elk jaar moeten zij één of tweemaal met warm water worden afgewasschen en daarna met talk worden besmeerd, waardoor de levensduur wordt verhoogd. Zeer vette vuile riemen legge men een dag of langer in petroleum, waarna zij na droging worden afgeboend met slappe sodaoplossing. Worden de riemen of snaren voor langen tijd niet gebruikt, dan neemt men ze van de schijven af en hangt ze aan de daarvoor bestemde haken op.

Bij goede behandeling kan de levensduur van lederen riemen op 20 jaar worden gesteld en staan de zooveel zwaardere kunstriemen daarbij ver ten achter.

Goede lederen riemen moeten zijn gemaakt van kernleder, d.i. leder uit het midden van de huid en dan liefst chroomleder, dat licht, buigzaam en zacht is en beter tegen vocht bestand. Men onderscheidt enkele en dubbele leeren riemen; de laatste zijn minder geschikt voor het werken met groote snelheden.

Goede lederen riemen mogen pas breken, wanneer zij met 220 à 240 KG per cM^2 belast worden.

Prijzen van prima kernlederen riemen in Gld. (vóór den oorlog):

Breedte in mM	Dikte in mM					
	$3^1/_2$	4	5	6	7	8
30	0,40	0,47	0,60	0,75	0,88	1,06
40	0,53	0,64	0,80	0,99	1,17	1,41
50	0,66	0,77	0,99	1,25	1,47	1,76
60	0,80	0,93	1,19	1,49	1,75	2,12
70	0,93	1,08	1,39	1,74	2,05	2,47
80	1,06	1,24	1,59	1,98	2,34	2,82
90	1,19	1,39	1,79	2,24	2,63	3,17
100	1,32	1,54	1,98	2,48	2,92	3,52
110	1,46	1,70	2,18	2.73	3,24	3,88
120	1,59	1,85	2,38	2,97	3,50	4,23
130	1,72	2,01	2,58	3,23	3,69	4,58
140	1,85	2,16	2,78	3,47	3,98	4,93
150	1,98	2,31	2,97	3,72	4,27	5,28
160	2,12	2,47	3,17	3,96	4,56	5,64
170	2,25	2,62	3,37	4,22	4,86	5,99

Snaren zijn te verkiezen, waar de grootte van de over te brengen kracht en de schijvenafstand het gebruik van riemen te kostbaar maakt of de overbrenging hoogstens 1 : 2 is. Met hennepsnaren kan gemakkelijk krachtverdeeling over meerdere assen van uit één drijvende schijf plaats hebben, b.v. van uit de krukas der machine naar de verschillende assen op de verdiepingen van een fabriek.

De maximum dikte der snaren is 50—60 mM; bij grootere dikte wordt de wrijving te groot en vermeerdert de kans tot warmloopen. Om deze reden moeten de snelheden matig gehouden worden, en men neemt deze bij hennepsnaren het doelmatigst van 15 tot 18 M en bij katoenen snaren tot 18 M per sec. De schijfmiddellijn is minstens het 50-voudige van die der snaar. Bij horizontaal drijfwerk neme men den afstand der assen minstens 8—10 M, en niet beneden het 2—3-voudige der som van de beide schijfmiddellijnen.

Na het opleggen is de kabel met warm vet (talk of mineraalolie) te drenken en daarmede alle 2—3 maanden in te smeren.

Staaldraadkabels vereischen een korteren afstand der schijven wegens hun meerdere zwaarte. Dit eigengewicht geeft ook de spanning in het staaldraadtouw. De schijfmiddellijn moet ook grooter en liefst 150-maal de kabeldikte zijn; de snelheid is in normale gevallen 10—15 M per sec., maar kan tot 30 M worden opgevoerd. De schijfafstand is niet kleiner dan 20—25 M te nemen en zoo mogelijk 50—60 M.

Schijven.

Grootte van de overbrenging. De overbrenging is de verhouding van het aantal omwentelingen van de drijvende schijf en de aangedreven schijf.

Is D de middellijn van de groote drijvende schijf, d die van de kleine gedreven schijf, N en n resp. het aantal omwentelingen van de groote en kleine schijf, dan is de overbrenging theoretisch:

$$i = \frac{D}{n} = \frac{n}{N}$$

Tengevolge van het slippen is de overbrenging practisch benaderend

$$i = \frac{R + {}^1/_3\ s}{r + {}^2/_3\ s}\ (1 - p)$$

waarin R en r de stralen der schijven, s de dikte der riemen of snaren en p het glijdingsverlies of de slip in %.

De schijven moeten zooveel mogelijk van een homogeen gewicht zijn, hetgeen bij gegoten schijven kunstmatig moet worden verkregen. Zijn de schijven op de assen niet gebalanceerd, zoodat het zwaartepunt van de schijf op een afstand x uit het middelpunt van de as ligt, dan treedt een middelpuntvliedende kracht op, die de as op buiging belast. Bij meerdere riemschijven op eenzelfde as moet elke schijf afzonderlijk worden uitgebalanceerd. Met het oog op gemakkelijke montage is het gewenscht

schijven te nemen, welke uit afzonderlijke deelen bestaan. Houten schijven komen in aanmerking in droge en gelijkmatige temperatuur bezittende vertrekken; zij hebben door het geringe gewicht, gemakkelijk aanbrengen en de groote wrijving van het oppervlak practische voordeelen.

De middellijn der schijven neme men niet kleiner dan 50 maal de riemdikte, de breedte der schijven $^1/_{10}$ riembreedte + 10 mM grooter dan die der riemen. De verhouding der middellijnen der schijven wordt hoogstens 1 : 6 genomen. Moet deze verhouding worden overschreden, dan neme men liever houten riemschijven, waardoor de wrijving wordt vermeerderd tot 25/% meer.

De *wrijvingsweerstand van het oppervlak der schijven* is uit de volgende tabel te ontleenen (naar Hütte), waarbij f = wrijvingscoëfficiënt bij rust:

Verhouding omwikk. boog tot omtrek schijf	Lederen riemen op				Henneptouw op			
	houten schijven		gegoten ijzeren		ijzeren trommel	houten trommel	ruw hout	gepolijst hout
	weinig vet f = 0,47	goed vet f = 0,12	weinig vet f = 0,28	vochtig f = 0,38	f = 0,25	f = 0,40	f = 0,50	f = 0,35
0,1	1,34	1,01	1,19	1,27	1,17	1,29	1,37	1,23
0,2	1,91	1,16	1,42	1,61	1,37	1,65	1,87	1,51
0,3	2,43	1,25	1,69	2,05	1,60	2,13	2,57	1,86
0,4	3,26	1,35	2,02	2,60	1,87	2,73	3,51	2,29
0,5	4,38	1,46	2,41	3,30	2,19	3,51	4,81	2,82
0,6	5,88	1,55	2,81	4,19	2,57	4,52	6,59	3,47
0,7	7,90	1,66	3,43	5,32	3,00	5,81	9,00	4,27
0,6	10,6	1,83	4,09	6,75	3,51	7,47	12,34	5,25

Prijzen van riemschijven (vóór den oorlog.)

Geslagen ijzeren riemschijven: Prijzen van de schijven in normale uitvoering, gedeeld of ongedeeld, zonder spiegat of spie:

Middellijn in mM	Vellingbreedte in mM					
	100	125	150	200	250	300
200	f 7,90	f 8,40	f 9,95	f 10,50	f 12,40	f 13,75
300	8,60	9,—	9,95	11,05	12,85	14,15
400	9,20	10,60	10,50	11,60	13,35	14,60
500	10,10	11,25	12,20	13,80	15,20	17,—
600	12,65	13,60	14,75	16,55	18,40	21,25
700	15,65	16,30	17,25	19,55	21,85	23,70
800	17,25	18,65	19,55	21,85	24,15	26,45
900	19,55	20,70	21,85	24,15	26,45	29,—
1000	23,—	24,60	25,75	28,50	31,75	34,50
1200	30,35	31,75	32,90	35,45	38,65	42,35
1400	37,25	39,10	40,—	44,65	47,85	51,50
1600	46,—	48,30	50,15	54,30	58,40	62,55
1800	57,50	59,35	61,65	65,80	69,95	73,60
2000	72,20	74,—	75,40	79,10	82,35	85,55
2200	86,50	88,30	90,15	94,30	98,—	101,65
2400	101,20	103,—	104,80	110,—	115,—	119,60
2600	115,—	117,30	119,60	126,—	132,—	138,45
2800	128,80	131,50	134,30	142,60	150,45	158,25
3000	144,—	148,10	151,80	161,—	169,75	179,50

Gegoten ijzeren riemschijven:
Prijzen voor schijven uit één stuk met vlakke velling, zonder spiegat en spie:

Middellijn in mM	Breedte van de velling in mM					
	100	125	150	200	250	300
200	f 3,40	f 3,55	f 3,80	f 4,30	f 5,—	f 5,60
300	4,65	4,85	5,05	5,50	6,10	6,75
400	6,65	7,—	7,40	8,—	8,75	9,70
500	8,80	9,15	9,55	10,40	11,55	12,75
600	10,95	11,40	11,95	13,10	14,40	15,05
700	13,10	13,70	14,40	15,90	17,40	19,10
800	15,30	15,95	16,70	18,60	20,30	22,40
1000	20,10	21,25	22,50	24,25	26,65	29,25
1200	25,20	26,70	28,45	31,90	34,90	39,20
1500	34,40	37,65	40,15	45.95	51,60	57,60

De prijzen worden verhoogd:

met 5 % voor bolle velling,
,, 100 % ,, gedeelde schijven benepen 200 mM middellijn,
,, 25 % ,, ,, ,, van 200—300 ,, ,,
,, 15 % ,, ,, ,, ,, 300—1000 ,, ,,
,, 10 % ,, ,, ,, boven 1000 ,, ,,
,, 4 % ,, spiegat en spie.

Houten riemschijven:
heeft men in courante maten van 200—1000 mM middellijn en 100—250 mM vellingbreedte met elke gewenschte boring. Prijzen:

Middellijn in mM	Vellingbreedte in mM							
	100	125	150	200	250	300	350	400
200	f 2,20	f 2,40	f 2,50	f 2,90	f 3,20	f 3,60		
300	3,—	3,30	3,70	4,40	5,10	5,90	f 6,60	
400	4,—	4,40	4,80	5,60	6,50	7,50	8,40	f 9,30
500	5,10	5,60	6,10	7,—	7,90	8,90	9,70	10,80
600	6,20	6,80	7,50	8,90	10,—	11,30	12,60	13,90
700	7,30	8,10	8,90	10,20	11,70	13,10	14,60	16,—
800	8,40	9,10	9,90	11,50	13,—	14,40	16,10	17,70
900	9,70	10,50	11,30	12,90	14,60	16,20	17,90	19,50
1000	10,70	11,70	12,70	14,70	16,70	18,70	20,70	22,70
1200	—	16,—	17,20	19,80	22,40	25,—	27,50	30,10

Transmissie door wrijving.

Door wielen met kracht tegen elkaar te drukken ontstaat een wrijving, waardoor arbeid of beweging kan worden overgebracht. Is Q de kracht, waarmede de schijven tegen elkaar gedrukt worden, P de over te brengen omtrekskracht en f de wrijvingscoëfficiënt, dan is hoogstens

$$P = f Q.$$

Voor grootere wrijving bekleedt men een der rollen of schijven met hout of leer en wel steeds op de drijvende schijf om te voorkomen, dat er bij glijding dwarsgroeven ontstaan. Ahornhout is het best, ook linden en populieren zijn te bezigen. Per mM schijfbreedte kan men rekenen voor ahorn $1/2$ KG nuttige omtrekskracht, voor het andere hout $3/8$—$1/4$ KG.

Tandradoverbrenging.

Bij tandconstructies moet men als voorwaarde stellen, dat de verhouding der hoeksnelheden constant is, de vormveranderingen tengevolge van den tanddruk uitsluitend elastische zijn en gedurende de ingrijpperiode de aanraking niet verbroken

wordt. De normaal in elk willekeurig aanrakingspunt van twee bij elkaar hoorende tandvormen zal daarbij steeds gaan door het aanrakingspunt der steekcirkels, terwijl aldaar de snelheid aan den omtrek gelijk is. De ingrijplijn of meetkundige plaats der aanrakingspunten der twee tandvormer geeft een beeld van den duur der ingrijping en mag niet korter zijn dan de lengte van den steek (normaal is zij 2 × de steeklengte); de uiterste punten worden door de kopcirkels bepaald.

De afmetingen der tanden worden in den regel uitgedrukt in den steek S. Normaal kan gelden:

tandhoogte	0,7 S
kophoogte	0,3 S
voethoogte	0,4 S
tanddikte	$^{10}/_{10}$ S gemeten op den steekcirkel
tusschenruimte	$^{21}/_{40}$ S
speelruimte	$^{1}/_{20}$ S voor gevormde tanden.

Bij bewerkte of gefraisde tanden kan de speelruimte kleiner genomen worden. (Zie verder bij Tandconstructies). Bij evolvente tanden is de tand aan den voet het sterkst en deze tandvorm verdient aanbeveling bij overbrengen van groote omtrekskracht (hefwerktuigen, enz.). Zij kan verder machinaal en met veel grootere nauwkeurigheid gesneden worden. Cycloïde tanden hebben voor slijtage gunstiger vorm, daar hierbij steeds een bol en een hol vlak op elkaar werken: bij evolvente tandvorm werken steeds 2 bolle vlakken op elkaar, hetgeen meerdere slijtage geeft.

Voor wielen, welke dienen voor het overbrengen van omtrekskrachten, neemt men in den regel de breedte van den tand gelijk aan tweemaal den steek en het aantal tanden minstens 10 tot 11, voor drijfwerkwielen b = 3 S en het aantal tanden minstens 24.

Voor rustigen en geruischloozen gang geve men één der wielen en wel algemeen het grootste, houten tanden, die in de velling worden opgesloten. De verhouding der tanddikten wordt dan ongeveer $\sqrt{\frac{\sigma_h}{\sigma_y}}$ waarin σ_h en σ_y de in het hout of het ijzer toe te laten trekspanning. Gemiddeld wordt de houten tand 1¼ maal die van den ijzeren. Bij overbrenging van een groot aantal omwentelingen maakt men dikwijls tandraderen van ongelooide huiden.

Voor het overbrengen van een snelle beweging in een langzame kan men ook gebruik maken van een worm en wormwiel. Men heeft wormen uit één of meer gangen, in het laatste geval bij grooteren hellingshoek en grooter nuttig effect, waarbij het wormwiel zich zooveel tanden zal verplaatsen als het aantal gangen van den worm bedraagt. Is α de hellingshoek van de windingen of den worm en μ de wrijvingshoek, dan zal het nuttig effect worden uitgedrukt door

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} (\alpha + \mu)}$$

welke waarde maximum is voor $\alpha = 45° - \frac{\mu}{2}$ of bij $\mu = 6°$ zou η ongeveer 0,81 zijn.

Benoodigde kracht voor verschillende arbeidsmachines.

Machines voor werktuig- en machinebouw.

Volgens *von Hirsch* en *Wilking:*

Soort der machine.	Hoofdafmetingen.		Benoodigde kracht bij max. verm. in PK.
	Centerhoogte mM	Draailengte mM	
Draaibanken met transporteur	110—150	500— 800	ongev. 0,25
	175—215	900—2 000	0,5
	215—315	2 000—2 500	1
	350—420	2 500—3 500	1,5
	430—480	3 500—4 500	2

Soort der machine	Hoofdafmetingen			Benoodigde kracht bij max. verm. in PK
	Middell. spanplaat mM	Grootste draaimiddellijn mM		
Spandraaibanken	900—1 300	1 200—1 620		ongev. 2
	1 500—1 600	1 620—2 360		3
	2 000—2 600	2 700—3 500		5
	4 000	5 400		10
	Middell. spanplaat mM	Grootste draaimiddellijn mM		
Horizont. spanplaatbanken	1 270	1 300		ongev. 2
	1 720	2 135		3
	2 080	2 440		5
	2 100	3 048		5
	4 000	7 700		15
	Draaipenhoogte mM	Grootste draaimiddellijn mM	Grootste draailengte mM	
Revolverdraaibanken . .	230	520	850	ongev. 1
	290	610	1 100	,, 3
	300	650	850	,, 2
	330	710	1 400	,, 5
	425	865	1 600	,, 5
	Draaipenhoogte mM	Boorlengte mM		
Horizontale boormachines.	550— 650	1 000—2 000		ongev. 1,5
	850—1 400	2 000—3 500		,, 2
	Grootste armlengte mM	Ruimte tusschen spil en tafel mM		
Snelboormachine	150— 250	230— 900		ongev. 0,5
Zuilenboormachine . . .	270— 330	820—1 200		,, 1
Radiaalboormachine . .	1 000—1 800	1 200—2 000		,, 2
Driespillige boormachine .	160— 170	800— 900		,, 1
Langgatboormachine .	130— 210	250— 300		,, 1
Idem . .	260— 400	400— 480		,, 1,5
	Tafel- lengte mM	Tafel- breedte mM	Ruimte tusschen spil en tafel mM	
Universaal-fraismachines .	750	130	300	ongeveer 1
idem	1 480	280	550	,, 1
Vlak-fraismachine . . .	1 760	350	550	,, 3
idem	3 000	1 320	1 100	,, 5
Radfraismachines voor raderen van 500—1200 mM middellijn				,, 2
idem voor raderen tot 1400 mM middellijn				,, 3

Soort der machine	Hoofdafmetingen			Benoodigde kracht bij max. verm. in PK.
Slijpbanken	Amarilschijfmiddellijn. mM			
	tot 250			ongeveer 0,5
	250—350			,, 1
	360—550			,, 2
	Schaaflengte mM	Schaafbreedte mM	Schaafhoogte mM	
Schaafmachines	1 000	650	650	ongeveer 1
	1 830	620	620	,, 1,5
	2 130	660	660	,, 3
	3 050	960	960	,, 5
	3 050	1 240	1 240	,, 7,5
	4 270	1 520	1 520	,, 10
	4 880	1 860	1 860	,, 10
	5 250	2 660	2 660	,, 10

Volgens anderen:
Pons- en knipmachines
kleine . . . . 0,6—1,5 PK
middelgroote . 1,5—5,5 ,,
groote . . . . 5,5—12 ,,.
Bandzagen voor metaal (koudzagen) ¾—1,5 PK.
Hamers, drukluchthamers 2—10 PK.
Klinkmachines voor 2— 6 mM boutsterkte ¼—1 PK
,, 6—12 ,, ,, 1—4 ,,
Drukluchtklinkmachines:

Boutsterkte mM	Aantal bouten per uur.	benoodigde kracht voor den compressor
18	300	2 PK
23	180	2,5 ,,
28	180	3,5 ,,
32	150	4,5 ,,
36	150	6 ,,

Kleine smederij (ventilateur, boorbank en slijpsteen) van 1—3 PK, idem met draaibank, slijpsteen, boormachine en amarilschijf, welke niet alle tegelijk werken, heeft noodig een drijfkracht van ± 4 à 5 P.K.

Machines voor houtbewerking.

Zaagmachines.

Lintzagen			Cirkelzagen		
Afmeting der zaagschijven in mM	Aantal toeren per minuut	Krachtsverbr. PK	Middellijn der zagen in mM	Aantal toeren per minuut	Krachtsverbr. PK
600	660	¼	300	3 200	2
700	600	¾	400	2 400 (600)	3 (1 ½)
800	550	1	500	2 000 (600)	4 (2)
900	500	1¼	600	1 600	5
1 000	450	1½	700	1 300	6
1 100	400	1¾	800	1 200	7
1 200	350	2	1 000	1 100	8 ½
			1 200	900	11

Machines met 6 naast elkaar gelegen cirkelzagen van 400 mM en 2200 omwentelingen per minuut vorderen kracht van 3½ PK, idem met 500 mM diameter 4½ PK. Zaagmolens met verscheiden zaagbladen: 6—20 PK.

Licht zaagraam met 12 zagen en 35 à 40 M^2 gezaagd oppervlak per uur 8,5 à 9 PK.

Voor klein bedrijf veelal een balkenzaagraam met 4 aangedreven toevoerwalsen, waarvan de afmetingen zijn:

Model	Raamwijdte mM	Riemschijven diam. mM	Riemschijven breedte mM	Omwentelingen per minuut	Benoodigde kracht voor leegloop in PK	Gewicht in KG
I	500	690	120	250	3	3 500
II	650	750	150	220	3½	5 000
III	750	900	200	200	4	6 300

De benoodigde drijfkracht voor het werken met zulk een zaagraam, verkrijgt men door het aantal paardekrachten voor leegloop uit de kolom te nemen en er voor elk zaagblad ⅓—½ PK bij te tellen.

Wanneer men dus de benoodigde krachten van de twee zaagmachines bij elkaar telt en men neemt nog 1 à 2 PK voor drijfwerk, enz., dan heeft men de benoodigde sterkte van den motor.

Boormachines gemiddeld 1 PK.

Langgatboormachines, 3000 toeren per minuut, krachtsverbruik ½ PK.

Schaafmachines.

Reebank Schaafbreedte in mM	Aantal toeren per minuut	Krachtsverbr. PK	*Van dikteschaafbank* Schaafbreedte in mM	Aantal toeren per minuut	Krachtsverbr. PK
300	4 000	1	200	4 000	¾
400	4 000	1¼	250	—	1
500	4 000	1¾	300	—	1½
600	4 000	1½	350	—	2
750	4 000	2½	400	—	2½
900	4 000	2¾	450	—	3

Fraismachines gemiddeld 2 PK.
Draaibanken ¾ tot 1½ PK.
Complete meubelmakerswerkplaats vordert gemiddeld 5 PK.

Drukkerij-machines.

Drukpersen.

degelpersen	1—2	PK
snelpersen	2—4	„
rotatiepersen	6—10	„

Landbouw-werktuigen.

Dorschmachines.

Vermogen	650— 800	KG per uur, krachtsverbruik	8 PK
„	800—1 000	„ „ „ „	12 „
„	1 100—1 300	„ „ „ „	15 „
„	1 350—1 500	„ „ „ „	18 „

Molens voor grofmalen 3—5 PK
idem voor fijnmalen 3—12 „
Ploegen 15—60 PK.

Bebouwing van terreinen.

Litteratuur.

Handbuch der Architektur. J. Stübben, Der Städtebau, dl. IV.
De verbetering der volkshuisvesting te Amsterdam. Uitgave van den Amsterdamschen Woningraad. Stadsdrukkerij. 1913.
D. E. Wentink. De bouwverordening en het woningvraagstuk. A. Oosthoek. Utrecht. 1915.

Bij het maken van bouwplannen zal men, behalve met een doelmatigen stratenaanleg, hebben rekening te houden met de eischen van verkeer, hygiëne en schoonheid. Voor de noodige plantsoenen, speelplaatsen, sportterreinen, openbare gebouwen, enz. zijn ruimten beschikbaar te houden. Voor de eigenlijke bebouwing komt dan slechts een zeker percentage van het grondvlak ter beschikking. De woningwet onderstelt, dat men zonder onteigening in den regel niet minder dan $^2/_3$ dus $66^2/_3$% voor bebouwing aanwijst. Amsterdam heeft doorgaans een lager percentage voor de bebouwing weten te verkrijgen (voor Uitbreiding-Zuid 60%). In de practijk is gebleken, dat men in Nederland hoogstens 50 als percentage moet aannemen. Ongeveer 35 à 40% zal voor wegen moeten worden bestemd en ongeveer 3 à 5% voor plantsoenen.

In Ned. Indië moet men voor de steden bij nieuwen aanleg ter wille van de gezondheid op niet meer rekenen dan 25% voor de eigenlijke woningen, terwijl dan voor erven ongeveer 55% en voor wegen ongeveer 20% te rekenen valt (o.a. wijk Nieuw-Gondangdia te Batavia).

De bebouwing van terreinen of liever der bouwblokken kan geschieden *open* zooals bij den bouw van landhuizen of villa's in voorsteden en *gesloten*, zooals dit in de bebouwde kommen der steden gebruikelijk is.

Hebben in het eerste geval twee of meer woningen een gemeenschappelijken scheidsmuur, dan kan men van *groepenbebouwing* en in het geval, dat bij gesloten bebouwing de beide dwarszijden van het bouwblok open blijven, van *half open bebouwing* spreken.

Daar de grond met het bouwen van een zoo groot mogelijk gebouw meer productief wordt gemaakt dan door het bouwen van een klein op hetzelfde terrein, is het streven kleine woningen te bouwen in den vorm van een woonkazerne.

In het algemeen worden bij verschillenden bouw de volgende dichtheden bereikt per HA. (Zie ook bldz. 26.):

Etagewoningbouw hooge bouw:
20 à 30 perceelen met 80 à 120 woningen en 400 à 600 bewoners.
Idem lage bouw:
20 à 30 perceelen met 50 à 75 woningen en 250 à 375 bewoners.
Gewone boven- en benedenwoningen (elk perceel met 1 beneden en 1 bovenwoning):
30 à 50 perceelen met 60 à 100 woningen en 300 à 400 bewoners.
Eénsgezinswoningen:
30 à 45 perceelen met 30 à 45 woningen en 150 à 225 bewoners.
Tuindorpen:
35 à 45 perceelen met 40 à 50 woningen en 200 à 300 bewoners.

Afmetingen van bouwblokken.

Onder het bouwblok wordt verstaan het oppervlak van het voor den bouw bestemde terrein tusschen de straten gelegen. De *diepte* van een bouwblok is die afmeting, welke in de richting van de lengte of diepte der gebouwen tusschen twee straten wordt gemeten en wordt bepaald naar den aard der bebouwing. Zij kan voor de verschillende steden van ons land als volgt worden aangenomen:

Voor villaterreinen	100—160	Meter
voor bebouwing met:		
heerenhuizen met voor- en achtertuinen	60— 90	,,
,, ,, achtertuinen	50— 80	,,
burgerwoningen met voor- en achtertuinen	50— 70	,,
,, ,, achtertuinen	45— 60	,,
,, ,, enkel open achterruimte	35— 45	,,
arbeiderswoningen met voor- en achtertuinen	45— 60	,,
,, ,, achtertuinen	40— 50	,,
,, ,, enkel open achterruimte	30— 40	,,

De diepte van de woning moet dus minstens de helft van bovenstaande afmetingen bedragen.

Afmetingen van bouwblokken, volgens Stübben (Städtebau).

Industrieële inrichtingen 100 M diep bij 200 M lang en meer (1 : 2)
Winkelhuizen en etagewoningen 60 M „ „ 120 M „ „
Gewenscht blokken van 120 × 300 M tot 50 × 100 M; kleiner dan 5000 M² liefst niet.

Voor kerken noodig 30 × 50 tot 40 × 70 M..
Markthallen ± 3000 M²
Gymnasia „ ± 5000 M²

Hoewel de lengte der blokken aan geen maat gebonden is, doet men goed, vooral uit het oogpunt van verkeer, deze niet langer dan 200 Meter te nemen en bedraagt zij veelal 100 à 150 Meter.

Bij open bebouwing moet de afstand der huizen onderling (tusschen de zijgevels) niet minder dan 6 Meter bedragen, wil het aanzicht gunstig en de toegang van licht en lucht voldoende zijn. Liefst regele men deze naar de hoogte der gebouwen en bepale men haar op minstens 10 Meter bij woningen met één verdieping.

Uit gezondheidsoogpunt zijn dan ook door de plaatselijke besturen in hun bouwverordeningen bepalingen opgenomen omtrent de bebouwing van terreinen.

Bepalingen omtrent bebouwing van terreinen.

Bouwverordening van Amsterdam:

a. de afstand van den achtergevel tot de achterrooilijn moet ten minste 3 Meter bedragen.

b. de gevelhoogte mag niet meer bedragen dan éénmaal de straatbreedte en in geen geval meer dan 21 Meter; de totale hoogte van het gebouw niet meer dan 25 M. Uit de verdere voorschriften is af te leiden, dat als regel 1/3 van het grondstuk achter de voorgevellijn onbebouwd moet blijven.

Rotterdam:

a. ¼ van het grondstuk moet blijven liggen, welk gedeelte nog voor 1/3 mag bebouwd worden tot de maximum hoogte der eerste verdieping.

b. minimum afstand van den achtergevel tot de achterrooilijn is 3 Meter,

c. de hoogte van den voorgevel maximum 1½ maal de straatbreedte, en in geen geval meer dan 20 M. De totale hoogte van het gebouw is niet meer dan 25 M.

's-Gravenhage:

a. ten minste 3/10 van het grondstuk achter den gevel moet, behalve eventueel bij verordening verplicht gestelde voor- en zijtuinen, onbebouwd blijven. Het onbebouwde gedeelte mag niet overbouwd worden.

b. minimum afstand van den achtergevel tot achterrooilijn is 3 Meter.

c. de hoogte van den voorgevel maximum 1 maal de straatbreedte, doch niet meer dan 18 M; de totale hoogte niet meer dan 22 Meter.

Enschede. (Zie fig. 4.)

a. 1/3 van het oppervlak van het grondstuk moet open blijven met de aan het gebouw grenzende zijde tenminste even lang als het gebouw aan die zijde diep of breed is.

b. de achtergevel op geen korteren afstand dan 3 M van de eigendomsgrens, erfafscheiding of perceelgrens.

c. de hoogte van het gebouw aan de achterzijde niet meer dan het dubbele van den horizontalen afstand tusschen dit deel en een vlak loodrecht op bovengenoemde eigendom-, perceel-, of erfafscheiding.

Oppervlak van woningen en gebouwen.

Minimum oppervlak van woningen volgens gemeentebouwverordeningen varieert van 25 (Nieuwendam) tot 48 M² (Watergraafsmeer).

Amsterdam 25 M² (na aftrek van muren, gangen, trapruimten en zolders).
Rotterdam idem (tusschen de binnenkanten der hoofdmuren).
Utrecht idem (binnen de muren gemeten).
Nijmegen idem.
Dordrecht 32 M²
Enschede 33 M² (binnen de omtrekmuren, winkel en werkplaatsen niet inbegrepen).

Het benoodigd oppervlak voor verschillende gebouwen van baksteen opgetrokken bedraagt in ons land in het ruwe met inbegrip van muren, uitbouwen, enz. maar zonder tuinen:

	Breedte (gevel) in M	Oppervlak in M²
Arbeiderswoningen		
éénsgezinswoningen, begane grond met zolderverdieping	5,5— 7	40—60
idem met één verdieping en zolder	5,5— 7	40—50
burgerwoningen		
begane grond met zolder	6,5— 8	60—80
idem met verdieping en zolder	6,5— 8	50—80
„ „ 2 verdiepingen	6,5— 8	50—70
Heerenhuizen		
begane grond met zolder	7—12	100—200
idem met verdieping en zolder	7—12	80—150
„ „ 2 verdiepingen	7—12	80—150
villa's en buitenhuizen		
begane grond met zolder	15—50	150—250
idem met verdieping	15—50	100—200
Scholen		
a. voor lager onderwijs met 6 klassen		500—700
b. voor meer uitgebreid onderwijs met 7 klassen		700—1 200
c. hoogere burgerscholen		1 200—1 500
d. gymnasia		1 000—1 200
e. hoogescholen		1 500—2 000
f. ambachtsscholen		800—1 500

Het oppervlak, dat door muren, afscheidingen, enz. wordt ingenomen bedraagt bij:

heerenhuizen en villa's	18—25	M².
burgerwoningen	16—20	„
arbeiderswoningen	15—18	„

Inrichting van gebouwen in ons land.

Litteratuur.

Ir. A. Keppler. Gemeentelijke woningbouw. Uitgave van den Amsterdamschen Woningraad.

J. H. Gallée. Het boerenhuis in Nederland en zijn bewoners. A. Oosthoek, Utrecht, 1908. Tekst en atlas

Herm. v. d. Kloot Meijburg Tachtig schetsen van boerenhuizen in Nederland. W. L. en J. Brusse, Rotterdam.

idem. Bouwkunst in de stad en op het land. J. Brusse's Uitg.-Mij.

J. Bruinwold Riedel. Tuinsteden. 1906.

J. H. W. Leliman en K. Sluyterman. Het moderne landhuis in Nederland. 2e druk. 1917.

Dr. ir. F. Ostendorf. Sechs Bücher vom Bauen. Wilh. Ernst & Sohn. Berlijn.

G. Smits. Boerderijbouw De Bouwwereld 1917.

Ir. A. M. Kuysten. De inrichting van de bedrijfsgebouwen voor akkerbouw en veeteelt in Nederland. Met atlas. Uitgave van het Depart. van Landb., Nijv. en Handel. Gebr. Langenhuysen. 's-Gravenhage 1919.

Baldauf und Hecker. Haus und Heim. Degener, Leipzig.

Baldauf u. Pietzsch. Wo und wie baue ich mein Haus. Degener. Leipzig.

Designs of one hundred houses. Uitgave van de Daily Mail. (1 sh.)

Ideal designs for houses. Published by W. Baker, London. 1/—.

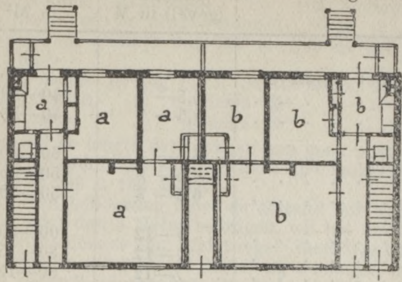
The Modern Home.

M. H. Baillie Scott. Houses and Gardens.

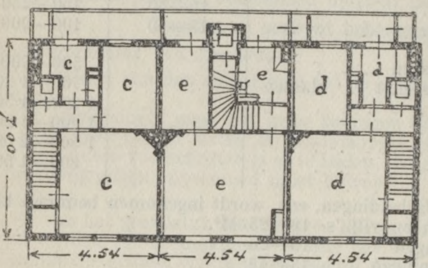
Bij het projecteeren van gebouwen in de gematigde luchtstreken als ons land,

dient bij de *ligging* rekening te worden gehouden met den stand der zon, welke voor plaatsen op het noordelijk halfrond gelegen steeds zuidelijk en op het zuidelijk halfrond steeds noordelijk is. Verder moet de windrichting in aanmerking worden genomen, welke bij ons het grootste deel van het jaar W en ZW is (zie ook blz. 59—61). In de winter- en lentemaanden is zij meer noordelijk, in de zomer- en herfstmaanden meer zuidelijk dan de bovengenoemde.

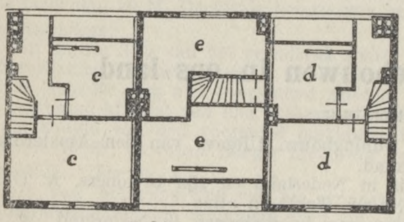
Wat de *hoogte* der gebouwen en voornamelijk der woningen betreft, daaraan wordt behalve door de geldende verordeningen ook een practische grens gesteld, daar elke verdieping meer een duurdere benedenverdieping maakt. Niet alleen dat de hoogte zwaardere en kostbaardere bevestiging naar onderen noodig maakt, maar ook moeten de benedenverdiepingen meer huur opbrengen, terwijl door allerlei licht-en liftkokers, trappen, enz. meerdere ruimte verloren gaat.



Begane grond.



Verdieping.



Zolderverdieping.

Fig. 1.

Woonhuizen.

Arbeiderswoningen.

De arbeiderswoningen in dichtbebouwde steden zijn veelal étage- of kazerne-woningen, ondergebracht onder één gemeenschappelijk dak. In kleine plaatsen en om steden heeft men veelal ééngezinswoningen naast elkaar gebouwd. De gevelbreedte van elk dezer woningen bedraagt dan 5 tot 6 Meter; de woningen zelf zijn dan 7 tot 10 Meter diep bij een diepte der bouwblokken van 25 tot 30 M.

De bouwkosten der arbeiderswoningen te Amsterdam konden vóór den oorlog — met inbegrip der paalfundeering — worden gesteld op f 8 à f 9 per M³ en:

voor 4 verdiepingshuizen met 4 woningen per M² f 140,—.
,, 3 ,, ,, 3 ,, ,, ,, - 105,—.
,, 2 ,, ,, 2 ,, ,, ,, - 75,—.

Etage-woningen, met lagen bouw, zooals door de Woningbouwvereeniging ,,Eigen Haard" in de Indische buurt te Amsterdam (1913) gebouwd, zijn in plattegrond in figuur 1 gegeven. Het perceel bevat 2 vrije benedenwoningen a en b, en 3 vrije bovenwoningen c, d en e op de 1e en 2e verdieping (zolderkamers).

De bouwkosten per woning waren voor de verschillende bouwvereenigingen te Amsterdam ongeveer f 2000 à f 2400 uiterlijk f 4000, terwijl de gezamenlijke exploitatiekosten (grondlasten, water, assurantie, onderhoud, opzicht, en huurderving) ongeveer f 165 à f 200, hoogstens f 300 beliepen.

De bouwkosten van ééngezinswerkmanswoningen bedroegen vóór den oorlog in het algemeen zonder fundeeringskosten 1200 tot 1700 gulden per woning; de huurprijzen f 1,75 tot f 3,— per week; thans bedragen de bouwkosten meer dan het drievoudige van die van vóór den oorlog, nl. f 5000 à f 7000.

Aan een ééngezinswerkmanswoning in de buitenwijken van provinciesteden kunnen in het algemeen de volgende eischen worden gesteld:

De woning zal moeten bevatten een woonvertrek van minstens 16 M², een klein vertrek van ± 5,50 M², een keukentje, een keldertje of vorstvrije ruimte

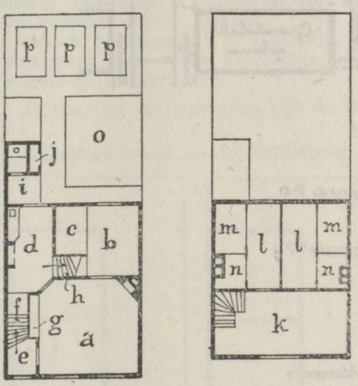
voor winterprovisie, drie afgescheiden slaapplaatsen, bergzolder, kasten, enz.

Onderstaande plattegronden (fig. 2 en 3) zijn overgenomen uit de met de eerste prijzen bekroonde plannen, ingezonden op de prijsvraag van aaneengebouwde arbeiderswoningen, uitgeschreven door de Maatschappij tot bevordering der Bouwkunst in 1908. De gevelbreedte is hierbij 5,50 Meter.

De bouwverordening van Enschede (1914) schrijft als minimum éengezinswerkmanswoning voor (fig. 4) een woning met 4 kamers, een keukentje en zolder. Van de kamers moet één 16 M² en de andere ten minste 12 M² groot zijn met een minimum hoogte voor beide van 2,75 M. Is het laatstgenoemde vertrek gedeeltelijk in de schuinte van de kap gelegen, dan zijn voor inhoud en hoogte speciale maten gegeven. De bebouwingsgrenzen volgen uit de fig. 5.

Schaal 1 : 300.

Begane grond Zolderplan



Begane grond Zolderplan

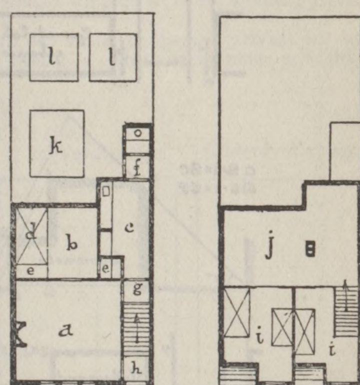


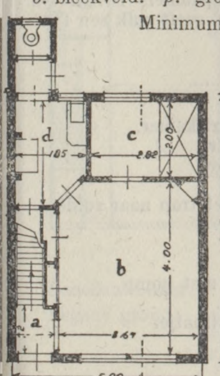
Fig. 2. (Arbeiderswoningen) Fig. 3.

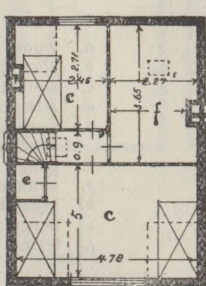
a. woonvertrek. *b.* klein vertrek. *c.* slaapplaats, waaronder keldertje. *d.* keukentje. *e.* portaal. *f.* trap met kast. *g.* kast. *h.* trap naar keldertje. *i.* overdekte stoep. *j.* privaat met schuurtje. *k.* bergzolder. *l.* slaapvertrekken. *m.* slaapplaatsen. *n.* kasten. *o.* bleekveld. *p.* groentenbedden.

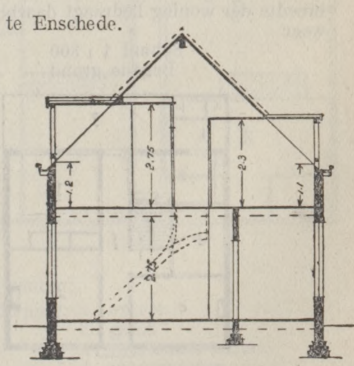
a. woonkamer. *b.* slaapkamer. *c.* keuken. *d.* slaapstede. *e.* kasten. *f.* portaal met privaat. *g.* portaal naar keuken. *h.* voorportaal. *i.* slaapvertrekken. *j.* bergzolder *k.* bleekveld. *l.* groentenbedden.

Minimum Eéngezinswerkmanswoning te Enschede.

Schaal 1 : 200.







Plattegrond. Verdieping. Lengtedoorsnede.

Fig. 4.

a = portaal, *b* = woonkamer, *c* = slaapkamer, *d* = keuken, *e* = kast, *f* = zolderkamer.

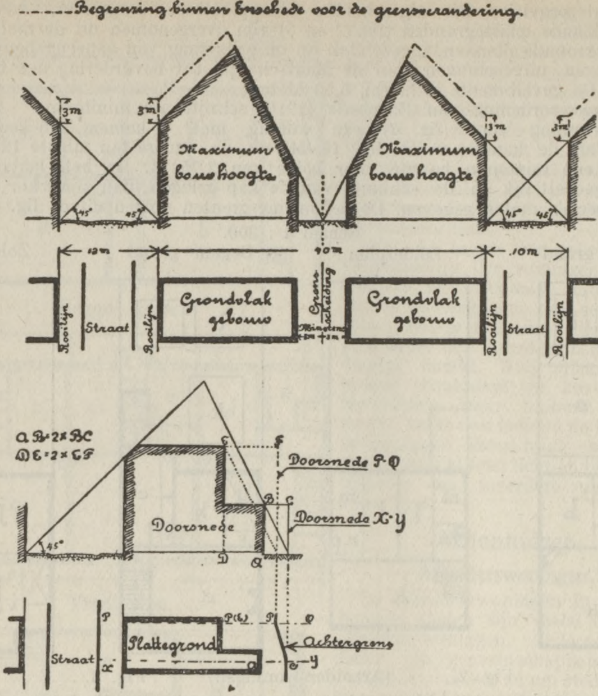


Fig. 5.

Burgerwoonhuizen.

De burgerwoningen in kleine plaatsen of op het platte land hebben ongeveer dezelfde indeeling als de arbeiderswoningen, maar zijn van ruimer afmetingen. Zijn zij geheel of aan drie zijden vrij gebouwd, dan bezitten zij veelal niet meer dan één zolderverdieping, welke behalve de zolderruimte nog enkele slaapkamers bevat. De breedte der woning bedraagt daarbij minstens 9 Meter. Figuur 6 geeft zulk een type weer

Schaal 1 : 300
Begane grond

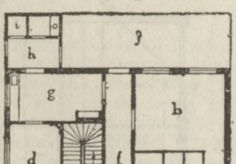


Fig. 6.

a. woon- of zitkamer.
b. slaapkamer.
c. woonkamer.
d. zitkamer.
e. portaal met trap naar zolderverdieping.
f. gang.
g. keuken.
h. bijkeuken met pomp.
i. bergplaats.
j. terras of straatje.

Eéngezinsburgerwoningen, welke in en om steden van ons land voorkomen, hebben veelal 6,50 tot 7,50 Meter gevelbreedte; voor beneden- en bovenwoningen liefst minstens 7 Meter breedte. De bouwkosten bedroegen vóór den oorlog zonder fundeering ongeveer 60 à 90 gulden per M² bebouwd grondvlak bij 2 verdiepingen of 7 à 10 gulden per M³ bebouwde ruimte.

Beneden- en bovenwoningen.

De indeeling is als volgt:

Benedenwoning:

begane grond: 2 kamers en suite, met of zonder serre, keuken, privaat, en 1 of 2 kamers in achterbouw. Kelder beneden gang of keuken.

eerste verdieping in achterbouw met 1 of 2 slaapkamers, soms ook bergkamertje,

tweede verdieping in achterbouw met 1 of 2 kamers met zolder.

Bovenwoning:

eerste verdieping: 2 kamers en suite met of zonder veranda of serre, keuken, privaat en voorkamertje of cabinet.

tweede verdieping: 3 of 4 kamers, waarvan één veelal badkamer, privaat en zolderruimte, als de 3e verdieping niet aanwezig is, derde verdieping: meidenkamertje en zolderruimte.

Doelmatige plattegronden zijn de volgende: (fig. 7.)

Schaal 1 : 300.

Begane grond. 1e Verdieping. 2e Verdieping. Zolderverdieping.

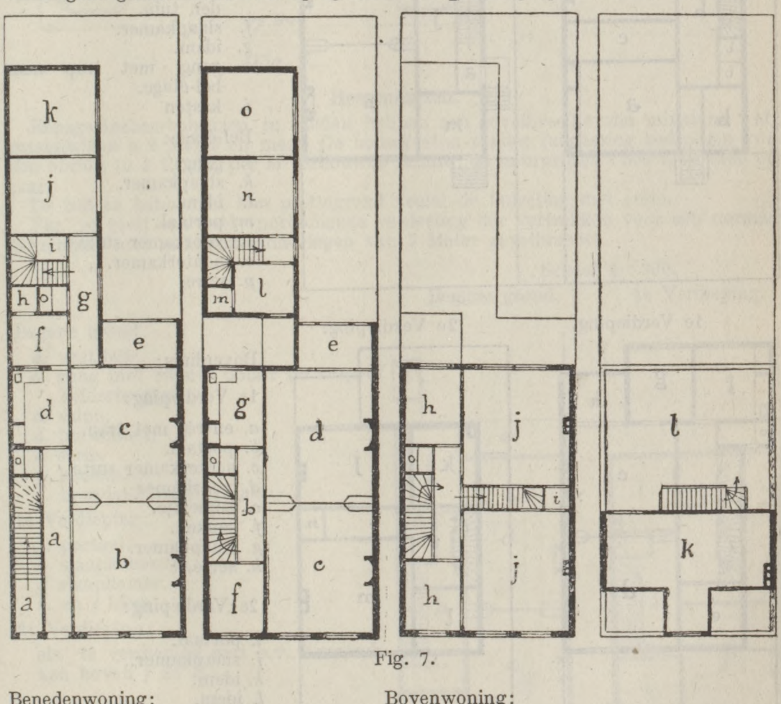


Fig. 7.

Benedenwoning:		Bovenwoning:	
Begane grond:	*a.* gang.	1e verdieping:	*a.* entrée.
	b. voorkamer suite.		*b.* gang.
	c. achterkamer suite.		*c.* voorkamer suite.
	d. keuken.		*d.* achterkamer.
	e. serre.		*e.* serre.

f. plaatsje met berghok *h*.
g. gang.
i. kast.
j en *k*. slaapkamers.
1e Verdieping: *l*. bergkamertje met kast *m*.
n en *o*. slaapkamers.

f. kamertje
f. kamertje.
2e Verdieping: *h* en *j* slaapkamers.
Zolderverdieping: *k*. meidenkamer.
l. zolderruimte.

Heeft men grootere gevelbreedte van 8,5 à 9 Meter beschikbaar, dan zijn eenigszins vrije plattegronden volgens fig. 8 doelmatig, waarbij tevens een sousterrain is ontworpen.

Schaal 1 : 300.

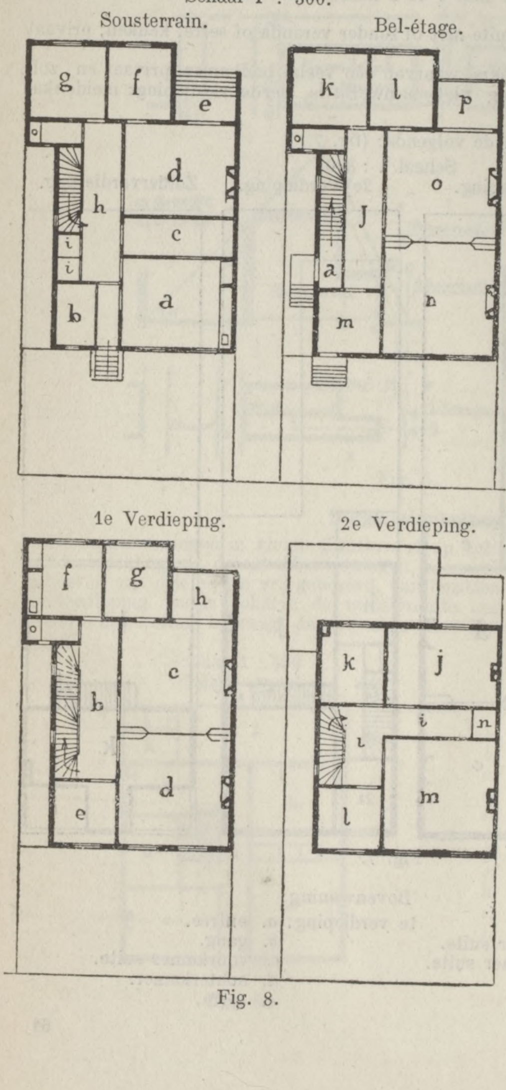


Fig. 8.

Benedenhuis:

Sousterrain:
a. keuken.
b. bergplaats.
c. proviandkamer.
d. eetkamer.
e. plaatsje met trap naar den tuin.
f. slaapkamer.
g. idem.
h. gang met trap naar bel-étage.
i. kasten

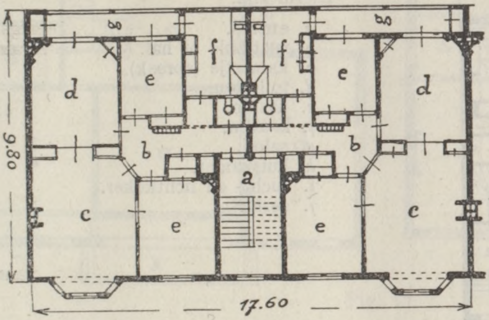
Bel-étage:
j. gang.
k. slaapkamer.
l. idem.
m. portaal.
n. voorkamer suite
o. achterkamer. „
p. serre.

Bovenhuis:

1e Verdieping:
a. entrée met trap.
b. portaal.
c. achterkamer suite.
d. voorkamer „
e. kamertje.
f. keuken.
g. slaapkamer.
h. serre.

2e Verdieping:
i. portaal.
j. slaapkamer.
k. idem.
l. idem.
m. idem.
n. kast.

Tegenwoordig bouwt men in de grootere steden liefst étagewoningen, welke per woning meer gevelbreedte (ongeveer 8 à 9 Meter) eischen. Fig. 9 geeft de plattegrond van een paar etagewoningen, zooals door de Amsterdamsche coöperatieve Onderwijzers Bouwvereeniging aan de Boerhave-, Helmers- en Brederodestraat werden gebouwd. De bouwkosten waren (1910) per woning ongeveer f 4000,— bij een totaal van 48 woningen tegelijk.



a. trapportaal.
b. overloop.
c. salon.
d. woonkamer.
e. slaapkamers.
f. keuken.
g. verandah.

Fig. 9.

Heerenhuizen.

Eénsgezinsheerenhuizen in steden hebben een gevelbreedle van minstens 7 M., gemiddeld 8 à 9 Meter en meer. De bouwkosten zonder fundeering bedroegen vóór den oorlog 10 à 12 gld. per M^3 bebouwde ruimte; de huurprijzen f 500 tot f 1500 per jaar.

De huizen hebben in hun plattegrond veelal de indeeling met suite.

Fig. 10 geeft een veel voorkomende verdeeling der vertrekken voor een normaal heerenhuis met minimum afmetingen van 7 Meter gevelbreedte.

Schaal 1 : 300.

Begane grond. 1e Verdieping.

Begane grond:
a. vestibule.
b. gang met ruimte onder de trap of keldertoegang
c. salon.
d. huiskamer.
e. serre.
f. keuken.
g. brandstoffenbergplaats.

1e Verdieping:
h. portaal.
i. slaapkamertje.
j. slaapkamer.
k. en *l* idem

2e Verdieping:
als 1e verdieping met b.v. 3 vertrekken boven *j* en *k*.

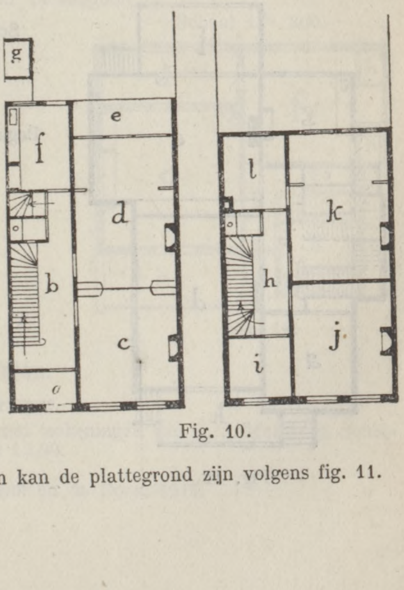


Fig. 10.

Heeft men meerdere gevelbreedte, dan kan de plattegrond zijn volgens fig. 11.

Schaal 1 : 300.

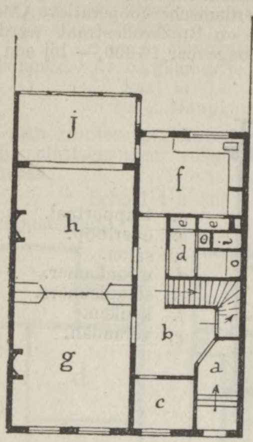


Fig. 11.

Hierin zijn:

a. entrée.
b. vestibule of hal.
c. kamertje (spreek).
d. toiletten.
e. kasten.
f. keuken.
g. salon.
h. huiskamer.
i. lucht- en lichtkoker.
j. serre.

Villa's en Landhuizen.

Onder de villa's en landhuizen vindt men uit den aard der zaak groote verscheidenheid.

De globale bouwkosten zijn het best te bepalen per M² oppervlak binnen den omtrek van het fundament. Villa's zooals te Bloemendaal en Hilversum kostten vóór den oorlog f 100 à f 120 per M² aan bouw.

Eenige doelmatige plattegronden volgen hierbij:

Begane grond.

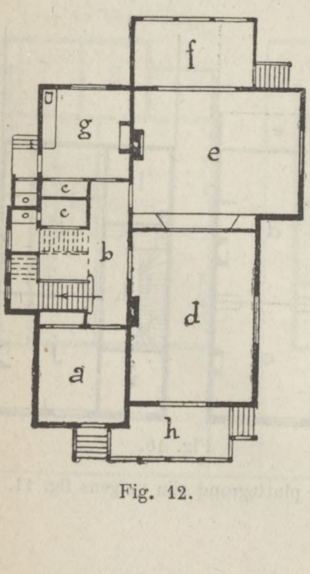


Fig. 12.

Schaal 1 : 300.

Begane grond.
a. vestibule.
b. gang met trapruimte.
c. kasten.
d. salon.
e. eetkamer.
f. serre.
g. keuken.
h. terras.

Begane grond. Schaal 1 : 300. Plan verdieping.

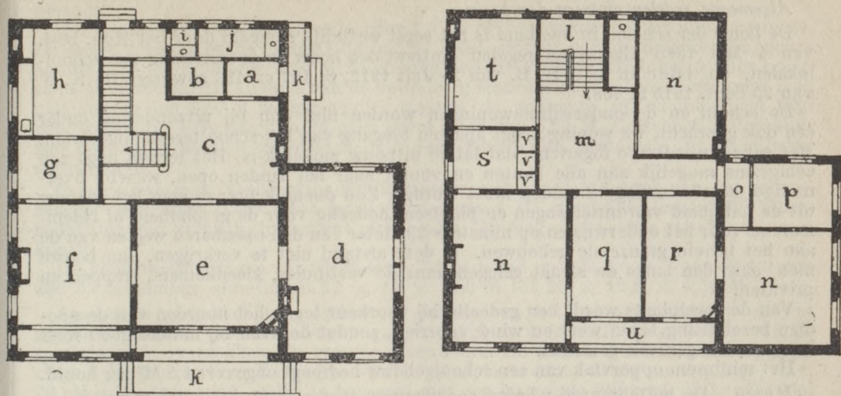


Fig. 13.

Begane grond:
- *a.* tochtportaal.
- *b.* garderobe.
- *c.* hal.
- *d.* woonkamer (salon).
- *e.* salon (biljartkamer).
- *f.* eetkamer.
- *g.* dienkamer.
- *h.* keuken (waaronder kelder).
- *i.* privaat dienstpersoneel.
- *j.* privaat.
- *k.* terrassen.

Plan verdieping:
- *l.* bordes.
- *m.* hal.
- *n.* slaapkamers.
- *o.* gang.
- *p.* kantoor of boudoir.
- *q.* kleedkamer of boudoir.
- *r.* idem.
- *s.* garderobe.
- *t.* badkamer.

Kleine landhuisjes of zomeroptrekjes aan strandplaatsen kunnen een indeeling bekomen, zooals de plattegrond van figuur 14 aangeeft.

Schaal 1 : 300.

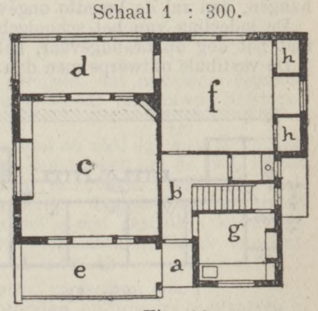


Fig. 14.

Begane grond:
- *a.* entrée.
- *b.* hal met trap naar zolderverdieping.
- *c.* woon- en huiskamer.
- *d.* serre.
- *e.* terras.
- *f.* slaapkamer.
- *g.* keuken.
- *h.* kasten.

Scholen.

Litteratuur.

Het bouwen van scholen in Nederland met teekeningen van G. J. Morre, B. Schelling en P. J. H. Cuijpers, D. Bolle. 1892 f 2,90.
Dorpsschool. Klei, blz. 115, 1914.
J. H. S. Rückert. Schoolbouw. v. Mantgem en de Does, 1911.

Lagere scholen.

Algemeene regelen omtrent den bouw.

De bouw der scholen in ons land is het eerst wettelijk geregeld door het Kon. besl. van 4 Mei 1883 Algemeene regelen omtrent den bouw en de inrichting van schoollokalen, en later in het K. B. van 25 Juli 1912, S. 192 en 193 gewijzigd bij K. B van 25 Sept. 1915 S. 408.

De school en de onderwijzerswoningen worden niet dan bij uitzondering onder één dak gebracht. De woning krijgt aparten toegang van het schoolterrein afgesloten. Het geheel wordt zoo ingericht, dat latere uitbouw mogelijk is. Het terrein ligge zoo eenigszins mogelijk aan alle kanten en vooral naar het zuiden open, waarbij overmatige beschaduwing vermeden moet worden. Zoo doenlijk brenge men het gebouw uit de nabijheid van inrichtingen en plaatsen, nadeelig voor de gezondheid of belemmerend voor het onderwijs en op minstens 25 Meter van den openbaren weg en van de aan het terrein grenzende gebouwen. Is deze afstand niet te verkrijgen, dan bouwe men aan den langs de straat gelegen kant de vestibules, kleedkamers, trappen en privaten.

Van de speelplaats wordt een gedeelte bij voorkeur tegen het noorden van de noodige beschutting tegen weer en wind voorzien, zoodat daarvan bij minder goed weer kan worden gebruik gemaakt.

Het minimum oppervlak van een schoolgebouw bedraagt ongeveer 1,5 M^2 per hoofd.

Muren. De buitenmuren worden spouwmuren met minstens één steen buiten en een halven steen binnen. De muren te bepleisteren en dan te verven in matte grijze, groene of rose tint, b.v. met Robinsons-cement. Lambrizeering liefst van tegels (glas- of porcelein); ook wel van hout ter hoogte van 1,30 Meter aan den binnenkant der muren van het schoollokaal.

Vloeren en gangen. De vloeren moeten zijn ondoordringbaar voor stof en vocht, gemakkelijk schoon te maken, zonder voegen, duurzaam, effen, niet te glad en slecht warmtegeleidend. Ter geluidwering worden de vloeren en gangen der bovenverdiepingen van steen of beton gemaakt. In aanmerking komen cementvloeren op gewapend beton (zijn evenwel te koud), tegel- en terrazzovloeren (te glad), linoleum (lijdt aan groote slijtage), houtgraniet (zeer doelmatig in platen van 10—25 mm. dikte), Zweedsche vloeren w. o. systeem Scheja (zeer geschikt). Verder kunnen Amerik. grenen, eiken of beukenhouten parquetvloeren of goed drooggelegde geploegde schroten ook voldoen, evenals dubbele houtvloerplaten. In de gangen zijn tegelvloeren te verkiezen.

De gangen krijgen in het schoolgebouw een breedte van niet minder dan 2,50 Meter (het wettelijk minimum is 2,00 Meter); worden de overkleederen in de gang opgehangen, dan zal de breedte ongeveer 4 Meter moeten bedragen.

De indeeling van het schoolgebouw moet in het algemeen zoodanig zijn, dat, ook met het oog op brandgevaar, het verkeer zooveel mogelijk moet worden verdeeld. De vestibule ontwerpe men dan ook als het mogelijk is zoodanig, dat deze toegang geeft tot de straat en speelplaats beide. Fig. 15 geeft een goede oplossing voor een school, die in de diepte van het bouwblok is gebouwd: (Zie ook „De Ingenieur" 1910 n°. 52.)

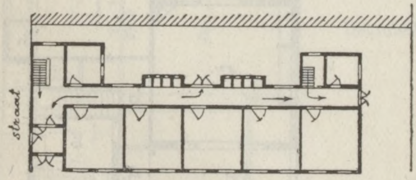


Fig. 15.

De schoollokalen.

De lokalen zoodanig te plaatsen, dat elk gedurende zekeren tijd van den dag door de zon wordt beschenen. De N. N. O. of N. W. zijde is ongeveer de beste voor constante belichting van voldoende lichtsterkte. Het licht late men van den linkerkant vallen. De lichtramen worden slechts aan één zijde aangebracht en krijgen een gezamenlijk glasoppervlak van ongeveer 1/6 tot 1/3 van het grondvlak van het vertrek. De borstwering niet lager dan 1,30 M boven den vloer.

Het schoolgebouw moet tevens een vertrek bevatten, waar de kinderen bij slecht weder kunnen overblijven en hun tweede ontbijt gebruiken.

Grootte der schoollokalen.

Het volgens Kon. Besluit van 12 Sept. 1905 voorgeschreven minimum oppervlak

der schoolvertrekken bedraagt per leerling 0,80 M^2 en de inhoudsruimte 3,60 M^3 per persoon.

Men rekene evenwel voor elken leerling 1 à 1,8 M^2 oppervlak en 5 M^3 inhoudsruimte. De beste vorm is de rechthoek; de hoogte liefst grooter dan de breedte. Maximum hoogte 5,50 M: minimum 4,50 M. Maximum breedte 7 Meter. De lokalen voor hoogstens 40 kinderen. De afstand van de voorste rij schoolbanken tot den werkmuur mag niet minder dan 1,50 M bedragen; die, waarop de achterste rij schoolbanken van den werkmuur verwijderd is, in geen geval meer dan 6,00 M. De schoollokalen kunnen doelmatig worden gescheiden door een spouwmuur, bestaande uit twee halve steensmuren.

Gymnastieklokaal. Veelal afzonderlijk gebouw met overdekte gang aan het schoolgebouw verbonden. Voor elken leerling minstens 4 M^2 oppervlak, liefst 5 M^2. Vloerbedekking van xylolith, torgament of linoleum. Zij mag niet veeren om stof te voorkomen.

De kleinste afmetingen zijn 15 M lang, 7,5 M breed en 5 M hoog. Voor 50 turners zijn de doelmatige afmetingen 22 × 11 × 5,50 M tot 25 × 12,5 × 6,50 M.

Speelplaats gemakkelijk bereikbaar te maken van uit het schoolgebouw en het gymnastieklokaal. Overdekte wandelgangen langs de muren of wel gedeelten van de speelplaats te overdekken. De grootte dezer overdekte plaatsen te berekenen op minstens 3 M^2 per leerling. De bodem van de speelplaats moet droog en vast zijn, b.v. 20 cM dikke laag zand, welke te beleggen met een laag oude klinkers, welke met klei vast te stampen en waarover een laag grof kiezel dik 5 cM. Verder brenge men onder een afdak één of meer gelegenheden aan om de handen te wasschen.

Te s-Gravenhage hebben de speelplaatsen bij de gemeentescholen een oppervlak van 0,40 tot 1,00 M^2 per leerling of gemiddeld van 0,87 M^2 per leerling.

Trappen. Met het oog op brandgevaar is het wenschelijk de hoofdtrap aan een uiteinde van de school te leggen. De trappen worden gebouwd van brandvrij materiaal, meest van baksteen, beton of natuurlijken steen. De breedte van 1,60 M voor hoofdtrappen is een goede maat, liefst niet minder. Voor neventrappen is 1,20 M de minimum breedte. De helling moet gering zijn, b.v. optrede van 0,14 tot 0,17 M bij een aantrede van 0,30 tot 0,36 M. Na elke 12 optreden moet een bordes aanwezig zijn. De dektreden te maken van eikenhout of xylolith. Het meest gewenscht zijn rechte steektrappen, kwart- of halve slagen zijn te vermijden.

Deuren. De buitendeuren liefst niet tegen het noorden of noordwesten te plaatsen. Zij moeten naar buiten opendraaien; de binnendeuren naar de zijde van het portaal. De buitendeuren minstens 1,50 M, de binnendeuren minstens 1,20 M breed. Om het profiel der gangen niet te vernauwen, verdient voor binnendeuren het terugbouwen in portieken aanbeveling.

Ramen. De ramen krijgen een vast ondergedeelte en een draaibaar bovengedeelte Dubbele ramen zijn te verkiezen.

Luchtverversching. De ventilatie wordt zoodanig geregeld, dat minstens éénmaal gedurende het halve uur, het aanwezige volume lucht wordt vernieuwd; liefst per uur 5 maal te ververschen.

Verwarming. De kachels te omgeven met luchtmantel en zóó, dat men ze van uit de gang kan stoken om de asch buiten de lokalen te houden. Veelal vulkachels (salamanders). Lagedruk-stoomverwarming is het meest geschikt (zelfwerkende warmteregulateurs). Goede temperatuur is 16 à 18° C.

Type schoolbank te Rotterdam.

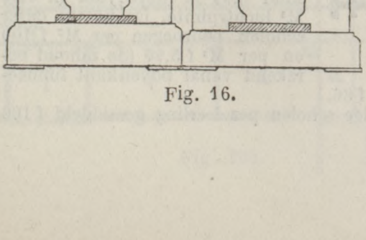


Fig. 16.

Privaten, garderobes, enz.

De privaten en urinoirs te plaatsen in de gangen of door middel van beschutte gangen zoodanig, dat op de leerlingen ten allen tijde toezicht kan worden uitgeoefend. Voor elk klasselokaal één privaat voor jongens, één voor meisjes en één urinoir. De wanden der privaten ter hoogte van 2 Meter te bekleeden, welke bekleeding met water moet kunnen worden gereinigd.

Schoolbanken.

De nieuwste modellen schoolbanken zijn bijna alle ingericht voor 2 leerlingen en hebben rug of lendeleuningen.

De breedte van de zitplaats (niet van het zitvlak) varieert van 0,475 tot 0,60 M; bij verreweg het grootste gedeelte der banken is zij 0,55 M.

Type van bank voor 2 leerlingen is die volgens het systeem Kuntze en wordt algemeen geroemd.

Een verstelbare éénpersoonsbank geeft het systeem Wijnands o.a. te Amsterdam gebruikelijk. Bij de banken volgens het Rettig-systeem is het omleggen mogelijk, waardoor de reiniging der vloeren vlugger en meer afdoende kan geschieden.

In Rotterdam bestaan 8 grootten van schoolbanken: (fig. 16.)

BANKNUMMERS		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Lengte der leerlingen in cM	van	104	110	117	125	135	145	155	165
	tot	110	117	125	135	145	155	165	177
Hoogte voetbank boven den grond		22	19	16	13	10	10	10	10
Bankhoogte		29	31	33½	36½	39½	42½	45½	48
Differentie		20	21	22	23	24½	26	27½	29
Breedte tafelblad		33	33	33	36	36	36	39	39
Verschuiving tafelblad		14	14	14	15	15	15	16	16
Minus distantie		4	4	4	4	4	4	4	4½
Stijging tafelblad (1/6)		5½	5½	5½	6	6	6	6½	6
Afstand uitgeschoven tafelbl. tot leuning		19	20	21	22	24	26	28	30
Breedte zitplank		23	24	25	26	28	30	32	34
Hoogte leuning boven zitplank . .		19	20	21	22	23½	25	26½	28
Breedte voetplank		32	33	34	35½	37	39	41	43
Tafellengte		110	110	110	110	110	110	110	110

De schoolbanken worden het best uit licht grenenhout vervaardigd, het zitvlak van beukenhout om het splinteren te voorkomen. Zij worden geverfd in eikenhouten of effen grijze kleur en niet te donker. In elke klasse brengt men ze in drie verschillende grootten aan. De opstelling in de verschillende lokalen kan geschieden volgens het type bij de gemeente Rotterdam in gebruik (fig. 17) of volgens het type van fig. 18, waarbij de onderste indeeling, in het geval van centrale verwarming en de bovenste bij verwarming met kachel.

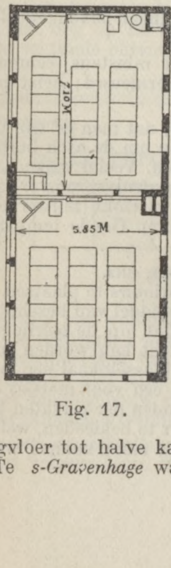


Fig. 17.

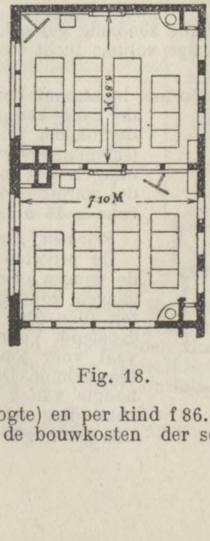


Fig. 18.

Kosten van schoolgebouwen.

Te *Amsterdam* waren de zuivere bouwkosten van scholen (omstreeks 1904) 1e en 2e klasse ± f 7,70 per M^3 ombouwde ruimte. Elke klasse ingericht voor 40 en het geheel voor 480 of 560 leerlingen, zijn de bouw- en inrichtingskosten met meubileering ca. f 131 per leerling, met een ruimte van 5 M^3 per leerling.

De scholen voor G. L. O. aan de N. Heerengracht hebben lokalen, elk voor 48 kinderen met afmetingen 7,20 M breed, 6,50 M diep, 4,50 M hoog, alzoo voor elk kind 0,97 M^2 oppervlak en 4,40 M^3 luchtruimte. De kosten dezer scholen bedroegen per M^2 f 100 en per M^3 f 5,90 (de inhoud berekend vanaf bovenkant funderingvloer tot halve kaphoogte) en per kind f 86.

Te *s-Gravenhage* waren de bouwkosten der scholen per leerling gemiddeld f 100

en per M³ 8 à 10 gld. Dubbele Gemeenteschool aan de Wouwerstraat met 28 leslokalen elk voor 48 leerlingen: per leerling f 104,23 en per M³ f 8,92.

Oudere gemeentescholen per leerling gemiddeld f 111 en per M³ f 9,77.

Bijzondere scholen per leerling gemiddeld f 104,39 en per M³ f 8,22; zij varieeren van f 70—f 170 per leerling en van f 6,36—10,50 per M³.

In *Duitschland* waren de gemiddelde kosten van typen volksscholen (± 2000 leerlingen) ongeveer 14 Mk per M³ ombouwde ruimte. De bouw- en inrichtingskosten varieerden tusschen f 140 tot f 170 per leerling. De klassen hebben 54 leerlingen met elk 4,70 M³ ruimte. Dat de totale kosten hooger zijn dan bij ons is ook aan den aanleg van centrale verwarming to te schrijven.

Ambachtsscholen.

Fig. 19 geeft den plattegrond van de benedenverdieping van de ambachtsschool te Hilversum. (Zie de Bouwwereld no. 42, jrg. 1912, blz. 333.) Op de bovenverdieping bevinden zich de verschillende teekenzalen en klasselokalen, tevens Burgeravondschool. De conciergewoning bevindt zich naast de school.

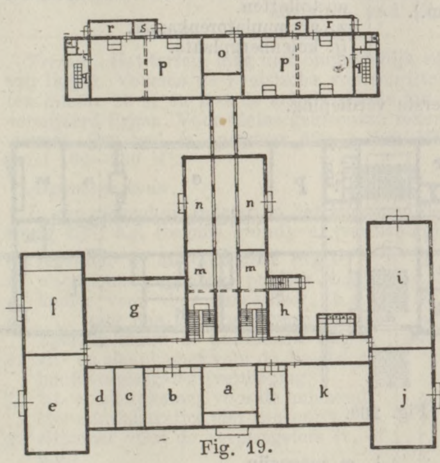


Fig. 19.

Ambachtsschool te Hilversum,
Plattegrond Benedenverdieping.
Schaal 1/625.

a. Vestibule.
b. Kantoor Directeur.
c. archief.
d. lakkamer.
e. schilderswerkplaats.
f. meubelmakerij.
g. hand- en vakteekenen.
h. bergplaats.
i en *j.* timmerwerkplaatsen.
k. vakteekenen.
l. concierge.
m. garderobe.
n. fietsenstand.
o. machinelokaal.
p. smederij.
q. waschlokaal.
r. ijzerbergplaats.
s. kolenbergplaats.

Middelbaar Technische Scholen.

Fig. 20*a* en 20*b* geven de indeeling van de Middelbare Technische School te Dordrecht

Begane grond.

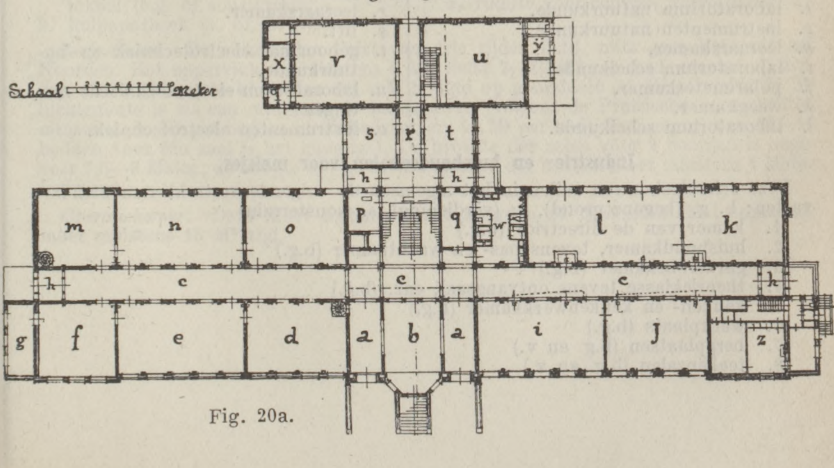


Fig. 20a.

(Architect Cuypers). De bouwkosten met inbegrip van zandophooging, terreinafscheiding,electrische installatie, lantaarns, linoleum, gebrand glas en alle vaste meubels benevens honorarium en toezicht hebben f 266287,— of f 6,87 per M^3 inhoud van het gebouw bedragen of f 7,28 per M^3 met afwerking der bovenverdieping.

Begane grond: (fig. 20*a*)

a. entrée.
b. rijwielbergplaats.
c. corridor.
d. modelzaal (burgerl.- en waterbouwkunde, landmeten, waterpassen, enz.)
e. teekenzaal (electrotechniek en leslok.)
f. werkplaats voor instrumenten.
g. bergplaats.
h. tochtportaal.
i. gehoorzaal (suikertechnologie).
j. teeken- en modelzaak (suikertechn.).
k. smederij.
l. bankwerkerij.
m. photometrie.
n. laboratorium electrotechniek en motoren.
o. teekenzaal (burgerlijke en waterbouwkunde).
p. waschvrouw.
q. garderobe.
r. corridor.
s. leslokaal
t. materiaalonderzoek.
u. ketelhuis.
v. machinekamer.
w. toiletten.
x. accumulatorenkamer.
ij. kolenbergplaats.

Eerste verdieping.

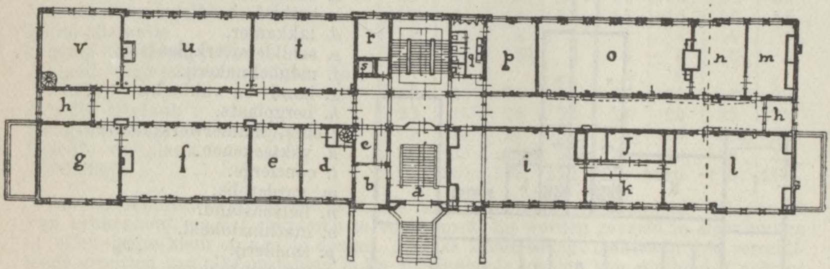


Fig. 20*b*.

Eerste verdieping: (fig. 20*b*)

a. trappenhuis.
b. wachtkamer.
c. portier.
d. administrateur.
e. directeur.
f. laboratorium natuurkunde.
g. instrumenten natuurkunde.
h. leeraarskamer.
i. laboratorium scheikunde.
j. polarimeterkamer.
k. weegkamer.
l. laboratorium scheikunde.
m. magazijn.
n. laboratorium.
o. gehoorzaal scheikunde.
p. garderobe.
q. toiletten.
r. leeraarskamer.
s. lift.
t. gehoorzaal electrotechniek en natuurkunde.
u. laboratorium electrotechnische metingen
v. instrumenten electrotechniek.

Industrie- en huishoudscholen voor meisjes.

Deze schoolgebouwen zullen in het algemeen de volgende vertrekken moeten bevatten: b. g. (begane grond), v. (verdieping), s. (sousterrain)

1. kamer van de directrice (b.g.)
2. huishoudkamer, tevens pas- en wachtkamer (b.g.)
3. garderobekamer (b.g.)
4. theorieklasse tevens ontvangzaal, enz. (b.g.)
5. keuken- en keukenwerkkamer (b.g.)
6. werkplaats (b.g.)
7. bergplaatsen (b.g. en v.)
8. teekenzalen (b.g. en v.)

9. privaten (b.g. en v.)
10. kostuumklassen (v.)
11. leerlokalen (v.)
12. strijk- en mangelkamer (v of s).
13. waschhok (v. of s.)

Ziekenhuizen.

Litteratuur.

Marie A. van Nieukerken. Sanatoria voor tuberculose patiënten. Met 27 figuren Æ. E. Kluwer, Deventer.

Max Setz. Grundzüge des modernen Krankenhausbaues m. 120 Illustr. und Einschaltebildern. Wien, 1910.

Max Setz. Kleine und mittlere Krankenhäuser, m. 150 Plänen u. s. w Wien 1911

D. Sarason. Das Freilufthaus. Ein neues Bausystem für Krankenanstalten und Wohngebäude. Verlag J. F. Lehmann. München.

Terrein.. Het terrein mag niet onmiddellijk zijn ingebouwd en moet liefst eenigszins vrij liggen. Volgens de Pruisische voorschriften moet het gebouw met de voorzijde ten minste 20 M en met de andere gevels ten minste 10 M van ieder ander gebouw verwijderd liggen. Voor kleine gemeenten rekent men op 2 à 3 bedden per 1000 inwoners. Per bed is ongeveer 100 à 150 M² oppervlak van bebouwing noodig; liefst 160—200 M².

Algemeene bouw.

In een ziekenhuis moeten in het algemeen de volgende lokalen en vertrekken aanwezig zijn: *b.g.* (begane grond). *v.* (verdieping). *k.* (kelder). *s.t.* (sousterrain).

a. regenten- of directiekamer (b.g.)
b. wachtkamer voor het publiek (b.g.)
c. kamer voor den geneesheer, (b.g.)
d. ,, voor den chirurg, tevens gewone operatiekamer of polikliniek (b.g.)
e. zit- en slaapkamer voor de directrice-hoofdverpleegster (verdieping)
f. zit- en slaapkamer voor de huishoudster-administratice met kantoor(v.)
g. zitkamer voor de verpleegsters (v. of b.g.)
h. slaapkamers voor de verpleegsters (v.)
i. keuken en bijkeuken met provisiekamer (b.g.).
j. linnen- en strijkkamer, met waschlokaal (b.g. of sousterrain).
k. hulpapotheek (v. of. b. g.).
l. operatiekamer met steriliseerkamer, narcosekamer en apparatenkamer
m. cel en isoleerkamer (v.).
n. kraamkamer (v.)
o. ziekenkamers met algemeene ziekenzalen, zoo noodig met reservezaal, en terrasruimte voor het luchten (v).
p. recreatiezaal of conversatiekamer (v.)
q. kinderkamer (v.).
r. badkamers (v.).
s. privaten (v. en b.g.).
t. theekeukens (v.).
u. lijkenhuis en desinfectieoven (sousterrain of kelder).
w. brandstoffenbergplaats (k. of s. t.).
x. ruimte voor centrale verwarming (k).

Ziekenzalen. De ziekenzalen liefst van drie zijden licht, mits geen licht uit het Noorden. Het oppervlak zal minstens 6 M², liefst 7—10 M² per bed moeten bedragen. De luchtruimte komt dan bij 4 M hoogte op gemiddeld 35 M³ per bed; 25 M³ luchtruimte is als een minimum te beschouwen (volgens de Pruisische voorschriften minstens 30 M³ per bed en in éénbedskamers 40 M³ per bed). Een aantal van 10—12 bedden voor één zaal is het gunstigst. De breedte der zalen voor 2 bedrijen is ongeveer 7,5—8 Meter; de hoogte 4—4,5 M. De afstand der bedden moet minstens 1 Meter bedragen.

Operatiekamer. Deze moet liggen op het noorden of N.Westen. Het oppervlak moet minstens 15 M² zijn.

Begane grond. Schaal 1 : 450

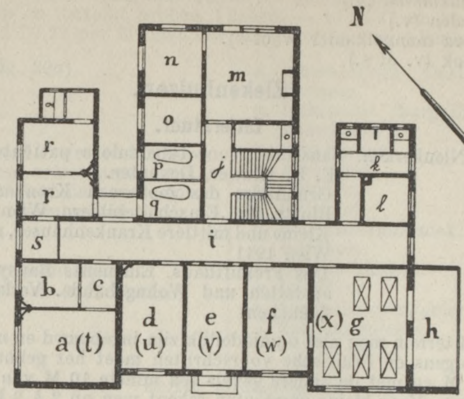
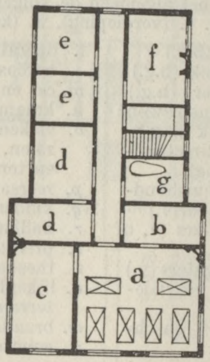


Fig. 21*a*

Verdieping.



F'g. 21*b*.

Begane grond (fig. 21*a*).

a. operatiekamer.
b. bijkamer.
c. portaal.
d. arts en polikliniek.
e. vestibule.
f. lokaal voor één zieke.
g. zaal voor 5 zieken.
h. veranda.
i. corridor.
j. corridor.
k. privaten en urinoirs.
l. lokaal voor één krankzinnige.
m. keuken.
n. bijkeuken.
o. waschlokaal.
p. badkamer.
q. badkamer voor een bijzondere zieke.
r. lokalen voor bijzondere zieken.
s. vestibule.

Sousterrain (fig. 21*a*).

t. desinfectiekamer.
u. lijkenhok.
v. steenkolenbergplaats.
w. groentenkelder.
x. waschinrichting.

Verdieping (fig. 21*b*).

a. zaal voor 6 zieken.
b. bijzaal
c. zaal voor 1 zieke.
d. kamers hoofdverpleegsters.
e. ,, verpleegsters.
f. conversatiekamer.
g. badkamer.

Zolder:

Dienstbodenkamers.

Gangen. De gangen naar de ziekenkamers, enz. moeten minstens 1,80 M breed zijn Pruisische voorschriften); de overige liefst niet minder dan 1,20 M.

Bovenstaande schetsen (fig. 21 *a* en *b*) geven den beganen grond en de verdieping van een ontwerp ziekenhuis volgens het rapport van de Commissie uit de Geneeskundige Vereeniging tot Bevordering van het Ziekenhuiswezen. Het ontwerp geldt voor een kleine gemeente van 5000 zielen; de kosten van uitvoering worden begroot op 20 à 25 000 gulden bij 0,50 gld kostprijs van 1 M² grond.

Een *sanatorium voor longlijders* e. d. zal in het algemeen uit de volgende gebouwen moeten bestaan:

A. *Hoofdgebouw*, het eigenlijke verblijf der patiënten, bevattende behalve de noodige gangen en portalen, de volgende vertrekken:

1. kamer voor den portier (b. g.)
2. spreekkamer (b. g.)
3. ontvangkamer (b. g. of v.).
4. ontvangkamer (b. g. of v.).
5. open gaanderijen (veranda's) voor rustbedden (b. g. en v.).
6. idem, voor ruststoelen (b. g. e.n v.)
7. kamer voor de pleegzusters (b. g. en v.).
8. kamer voor bedienden (b. g. en v.).
9. privaten (W. C's), urinoirs (b. g. en v.).
10. spoelplaatsen en bergruimten b. g. en v.).
11. isoleerkamer(s) (v).,
12. wasch- en toiletkamers (b.g. en v.).
13. badkamers (b. g. en v.).
14. gezelschapskamer (v.).
15. wachtkamer voor de pleegzusters (v.).
16. inademlokaal (v.).
17. cabinet (laboratorium) voor den dokter (b. g. of v.).
18. woon- en slaapkamer voor den assistent-dokter (b. g. of v.).
19 slaapkamers voor de pleegzusters (z.).
20. logeerkamer (z.).
21. bergruimten (z.).
22. ruimten voor centrale verwarming s. of k.).
23. kolenbergplaats (s. of k.).

B. *Bijgebouw*, verbonden door overdekte open gaanderij met het hoofdgebouw en bevattende:

1. eetzalen voor de patiënten (met veranda, kleedkamer (b. g.).
2. eetkamer voor de geneesheeren (b. g.).
3. eetkamer voor de pleegzusters (b. g.).
4. eetkamer voor het dienstpersoneel (b. g.).
5. keuken met bijkeuken en open plaats (b. g.).
6. poetskamer (b. g.).
7. bergruimte (b. g. ,v. en z.).
8. slaapkamers voor het dienstpersoneel (v. of z.).
9. privaten en urinoirs (b. g. en v.).
10. provisiekamer (k. of s.).
11. brandstofruimte (k. of s.).

C. *Woning-geneesheer-directeur* al of niet verbonden met

D. *Administratiegebouw*, bevattende:

1. spreekkamer (b. g.).
2. kantoor b. g.).
3. kleine apotheek (b. g. of v.).
4. provisiekamer of bergplaats (b. g. of v.).
5. lokaal voor microscopisch en bacteriologisch onderzoek (b. g. of v.).
6. verband- en instrumentkamer (b. g. of v.).
7. woon- en slaapkamer voor den administrateur (v.).
8. privaten (b. g. of v.).
9. kelder.

E. *Waschhuis met ketelhuis en machinekamer* voor volledige stoomwasscherij, bevattende:

1. groot waschlokaal (b. g.).
2. ontsmettingsovenruimte (b. g.):
3. bergplaats vuile en schoone wasch (b. g. of v.).
4. mangel- en strijkkamer (b. g.).
5. naaikamer (b. g. of v.).
6. bergplaatsen (b. g. en v.).
7. ketelhuis (b. g.).
8. machinekamer (b. g.) met bergplaats.
9. werkplaats (b. g.).
10. woning machinist en stoker (v.).
11. privaten (b. g. en v.).

F. *Lijkenhuis*, afzonderlijk of verbonden aan het hoofdgebouw, bevattende:

1. snijkamer.
2. bijzetkamer.
3. bergruimte.

Badinrichtingen en badhuizen.

Litteratuur.

Handbuch der Architectur, dl. Badhuizen.
M. J. C. van Eyck. Volksbadhuizen. Wed. J. Ahrend & Zn. Amsterdam.

Douchebaden (fig. 22 en 23): eenvoudig en goedkoop in aanleg en bedrijf.

Regendouches met 8—12 L water per minuut; bij druk bezoek ± 500 L per douche per uur; 2—2,4 M afstand van den grond en onder 20—30° hellend met de vertikaal. Per bad is ongeveer 30—40 L warm water benoodigd van 30—40° C.

Enkele cellen: 0,8—1,4 M breedte bij 2—2,5 M lengte, gedeeld in twee deelen, kleed- en badruimte; de eerste in den regel wat grooter. Normale afmetingen van een cel 1,40 M breedte bij 2,50 M lengte met badruimte 1,40 × 1,10 M. Wanden 2,20 M hoog en 10 cM boven den grond beginnend. Vloer van asphalt, ook terrazzo of cement met marmerdeeltjes en met lattenrooster.

Kuipbaden: in aanleg en bedrijf duurder dan douchebaden.

Afmetingen der cellen 1,8 × 1,8 tot 3 × 4 Meter, normaal 2,50 × 3 M bij 3,00 M hoogte. Kuiplengte 1,40—1,80 M bij 0,4—1,0 M breedte en 0,5—0,7 M hoogte.

In ziekenhuizen neemt men 1 kuipbad op 10 bedden en zijn de deuren 1,20 M breed, in krankzinnigengestichten 2 baden per hoofd per week.

Benoodigde hoeveelheid water 180—250 Liter, met douche ± 50 Liter meer. Per uur 2 baden. Temperatuur van het water 30—35° C.

Kosten van de complete technische inrichting vóór den oorlog gemiddeld 70—120 gld. per cel.

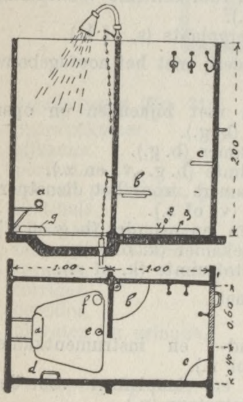


Fig. 22.

Fig. 22 geeft een schema van een douchebad voor fabrieken, werkplaatsen of kazernes; en fig. 23 een plattegrond der geheele badinrichting met gescheiden kleed- en waschcellen.

a. zinken rol (zitplaats tevens steun bij het voetenreinigen).
b. zitplank.
c. hoektafeltje.
d. zeepbak.
e. afloopkraan.
f. overloop.
g. opening voor ventilatie.

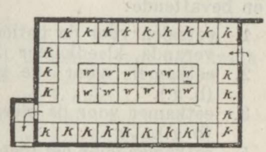


Fig. 23.

k. kleedkamer.
w. waschcel.

Douchebadhuizen.

Bij volksdouchebadinrichtingen zijn niet minder dan 10 en niet meer dan 30 douches te vereenigen; bij grooter getal wordt het toezicht en de bediening door den badknecht onmogelijk en bij kleiner getal de exploitatie te duur. Meestal heeft men 14 tot 20 douches, waarvan 1/3 of 1/4 gedeelte voor vrouwen. De ingangen voor mannen en vrouwen houde men gescheiden. Zij voeren naar kleine wachtkamers en van hieruit naar de gangen. Tusschen beide afdeelingen ligt de ruimte voor den badknecht met cassa.

Het gemiddeld oppervlak per cel bedraagt 4,5—6 M^2.

De warmwaterbereiding kan in den kelder ondergebracht worden en geschiedt door middel van laagdrukstoomketels. Verder moeten er zijn een waschhok en waschdroogruimte met mangelruimte.

Elke afdeeling heeft verder zijn privaten.

De ketel is door buizen met het hoogreservoir verbonden. Om waterverspilling tegen te gaan werden vroeger uit dit reservoir kleine op elke douche zich bevindende waterreservoirs gevuld. In den laatsten tijd worden deze weggelaten en de douches direct aan het hoogreservoir aangesloten.

Met centrale verwarming waren de totale *aanlegkosten* per cel 500—1000 gulden. De kosten van een bad met inbegrip van zeep en handdoek bedroegen ongeveer 10 à 15 cent. De gemiddelde duur van een bad is 30 minuten.

Zwembadhuizen.

Zwembadinrichtingen worden doelmatig opgericht voor steden van meer dan 25 000 inwoners, welke geen vrij zomerbad aan open water bezitten.

De grootte der badhuizen met zwem- en kuipbaden bedraagt ongeveer 15 M² bebouwd oppervlak per 1000 inwoners.

Bassins: Het bassin moet minstens 80 M² groot zijn voor mannen en 70 M² voor vrouwen. In het algemeen is de grootte ongeveer 200 M² voor mannen en 150 M² voor vrouwen. Het grootste zwembassin heeft Münster met een oppervlak van 550 M². In het algemeen kan men rekenen op 1,5—2 M² wateroppervlak per 1000 inwoners. De afmetingen kunnen b.v. zijn 8 × 12 tot 13 × 40 Meter. Het bassin wordt verdeeld in een afdeeling voor zwemmers tot 3,5 M diepte (minstens 3 M diepte voor den kopsprong) en in een afdeeling voor niet-zwemmers van 0,6 tot 1,2 Meter diepte. Temperatuur van het bassinwater ± 22° C. Het water minstens 5 maal in de week geheel te ververschen. De vulling geschiedt continu; 1/25—1/40 van den bassininhoud per uur. Het leegloopen mag niet langer dan 1—2 uur duren. Het in metselwerk of beton opgetrokken bassin krijgt langs den omtrek een overloopgoot.

Reinigingsruimte moet aanwezig zijn voor het reinigen alvorens in het bad te gaan. Deze ruimte te voorzien van waschbekkens met koud en warm water. Benoodigde hoeveelheid water 500—600 L per uur. Verder groote douches met mengkranen.

Naast de reinigingsruimte vindt men veelal een ruimte om zich op temperatuur te brengen, welke ruimte te voorzien van verwarming, gymnastiektoestellen, enz.

Wandelgangen vindt men om het bassin, minstens breed 1 tot 1,25 M.

Kleedcellen liggen tusschen de binnen- en buitenwandelgangen. Op elke 3 M² wateroppervlak komt 1 kleedcel. De cellen breed 1 tot 1,50 M, lang 1 tot 1,15 M.

De totale hallenruimte moet worden verwarmd op 20—22° C. en liefst ook verwarmde wandelvloeren.

De *bouwkosten* bedroegen vóór den oorlog ongeveer 90—120 gulden per M² bebouwingsoppervlak.

Schouwburgen.

Litteratuur.

J. J. Poutsma in „Het Tooneel" 1919 nr. 1 t/m 4.

In groote provinciesteden zal volgens J. J. Poutsma het aantal zitplaatsen in den voornaamsten schouwburg moeten wezen 8 à 10 % der bevolking. Een gebouw voor 900 toeschouwers zal ongeveer 50 M lang en ongeveer 30 M breed moeten zijn en hoog boven de straat.

De inrichting van de schouwburgen hangt veel af van den aard der op te voeren voorstellingen. De eischen zijn voor een opera geheel verschillend van die voor een comedievoorstelling. Moet nl. de orkestruimte voor een opera zeer groot zijn, voor een tooneelvoorstelling is zij geheel overbodig, ja zelfs hinderlijk.

De nieuwe Neder-Oostenrijksche schouwburgwet van 14 Maart 1911, bevat omtrent den bouw en de inrichting van schouwburgen, variété's, circussen, enz. bepalingen, waaruit het ondervolgende gedeeltelijk ontleend is.

Onder theaters worden verstaan gebouwen met tooneel- en toeschouwersruimte, waarbij het tooneel is ingericht met boven- en ondermachinerieën en een tooneelzolder en ondertooneelruimte bevat, terwijl ook theaters in den zin der wet vallen, wanneer zij slechts een tooneelzolder of ondertooneelruimte bevatten.

Theaters met minder dan 800 toeschouwers worden klein genoemd.

T = tooneelruimte.
S = ruimte voor de toeschouwers.
D = doorgang.
Onderstreepte maten zijn minimummaten.
Omcirkelde maten gelden voor kleine theaters.

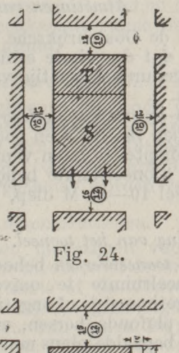


Fig. 24.

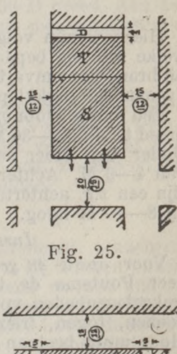


Fig. 25.

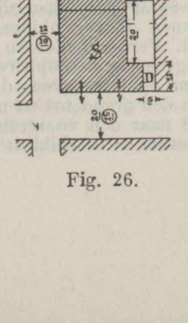


Fig. 26.

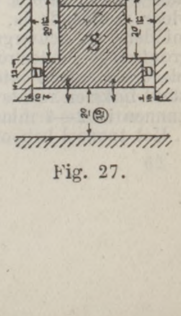


Fig. 27.

Ligging. De ligging kan zijn volgens de bijgaande schema's (fig. 24—29), waarbij de minimum afmetingen der aangrenzende ruimten zijn opgegeven, welke kunnen worden verkregen door plaatsing uit de rooilijn of op andere wijze.

T = tooneelruimte.
S = ruimte voor de toeschouwers.
D = doorgang.
Onderstreepte maten zijn minimummaten.
Omcirkelde maten gelden voor kleine theaters.

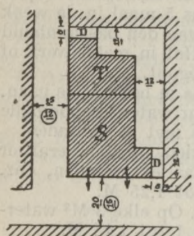


Fig. 28.

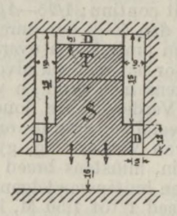


Fig. 29.

Inwendige bouw en inrichting.

Het tooneel moet van de toeschouwerruimte worden afgescheiden door een wand van vuurvast materiaal, welke behalve in het parterre ook in de overige verdiepingen alleen openingen mag bezitten, welke door deuren van brandvrije constructie zijn afgesloten. Buisleidingen mogen door dezen muur slechts bij soliede brandvrije dichting gevoerd worden. Het Oostenrijksche wets*ontwerp* hield ook de volgende bepaling in, welke later evenwel niet werd opgenomen: „Onmiddellijk achter de bovengenoemde proszeniumswand is op een afstand van minstens 1,25 M een tweede uit vuurvast materiaal bestaande binnenmuur op te trekken, welke alleen een opening mag hebben tegenover die van den eersten wand. Bij kleine theaters behoeft deze tweede wand slechts 3 M hoog te worden. De tusschen beide wanden ontstaande gang moet ter hooge van 3 M door den voormuur en tooneelvloer brandvrij worden afgesloten. In elk der voormuren tegenover de proszeniumsopening is een brand- en rookvrije naar de gang openende deur aan te brengen. In elk der buitenzijden tegenover de tooneelgang is een naar buiten slaande brand- en rookvrije deur aan te brengen. Zoowel in den langswand als in de bovengenoemde deuren moeten naar het tooneel ter hoogte der oogen openingen worden aangebracht, welke met doorzichtig vuurvast materiaal zijn gesloten. De beschreven gang heeft het doel om een veilige plaats te verschaffen aan de wachters voor het tusschengordijn, de wachters voor de rookkleppen, de verlichters en toezichthebbenden.''

Afmetingen van het tooneel.

Hiervoor zijn volgens de Oostenrijksche wet minimum maten opgegeven (fig. 30), welke zoo zijn bepaald, dat de ruimte eenigen tijd de zich ontwikkelende rookgassen bij brand kan omvatten gedurende den tijd van nederlaten van het brandscherm en het openen der rookkleppen.

Een tooneel voor *opera- en groote tooneelwerken* behoort volgens den heer J. J. Poutsma breed te zijn 25—30 M, diep 18—22 M en hoog van tooneelvloer tot zoldering 24—30M. Onder den vloer een diepte te laten van 6—9 M en boven de zoldering een hoogte van 4—6 M. Achter de tooneelruimte behoort dan nog te zijn een z.g. achtertooneel 10—12 M diep, 14—16 M breed en 8—10 M hoog.

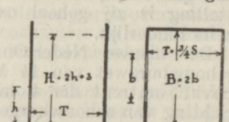


Fig. 30.

Inrichting van het tooneel.

Voor *opera- en groote tooneelwerken* behoort volgens den heer Poutsma de tooneelruimte te omvatten 100—125 trekgelegenheden voor getimmerde of ongetimmerde achterdoeken, togen, friezen, plafonds, hersen, enz. De tooneelvloer moet bestaan uit bepaalde plans met verzinkingen en cassetten naar willekeur aan elkaar te koppelen zóó, dat een z.g. zinkluik minder dan 1 M² doch ook 60—80 M² groot kan zijn. Indien de ruimte onder den tooneelvloer voldoende is, kunnen de verzinkingen tevens dienen voor den verhoogden midden- en achtergrond. Verder behooren er te zijn twee om een spil draaiende groote lage tooneelrolwagens van een oppervlak groot genoeg om er een geheel compleet gemeubeld interieur op te bouwen; deze zg. zwaaiende wagens worden opgesteld links en rechts van den grond tot en met den achtergrond van het tooneel en kunnen in 2—4 minuten naar den voorgrond worden gerold of onderling verwisseld.

Het tooneel behoort verder te beschikken over:

1e. Op elk plan een lange beweegbare hers met drie of vier leidingen voor wit, rood, blauw en geel.

2e. Op elk plan rechts en links zg. coulissenlichten of portants; voor tooneelen zonder coulissenwagens deze inrichting te vervangen door staande reflectors, alle in vier kleuren en voorzien van talrijke aansluitingen in den tooneelvloer.

3e. Een vast voetlicht, links en rechts afzonderlijk te bedienen en acht losse voetlichten voor panoramabelichting, alle in vier kleuren.

4e. Op elk plan een inrichting voor bliksemlicht en aansluitingen voor schijnwerpers en effectbelicbting (reflectors met kleurschijven 200 tot 4000 kaarsen sterk.

5e. Eenige hangende veplaatsbare schijnwerpers met kabels en kleurschijven.

6e. Apparaten voor projectie van drijvende wolken, waterbeweging, zon, maan, regen, onweer, lichtbeelden, enz.

7e. Waarnemingsinstallatie met regulateurs en weerstanden, waarop het geheel is aangesloten en van waaruit de bediening wordt beheerd.

Voor kleine provinciesteden zal het gewone *schouwburgtooneel* moeten worden ingedeeld in plans van 2,25 M (5 plans en een grooter achterplan). In elk plan een tiental trekinrichtingen en een hers volgens vroeger gegeven beschrijving. In den vloer op elke grenslijn der plans links en rechts een achttal hooge masten in kokers (geen coulissen, wagens of regeeringen). Aan deze gemakkelijk te hanteeren en te verwisselen masten worden de coulissen met slaglijnen bevestigd. In het midden- en achterplan een groot zinkluik of gelegenheid dit gemakkelijk in den tooneelvloer aan te brengen. De verlichtingsinstallatie wordt ingericht met middelen om in 3 kleuren de effecten te bereiken, in elk geval met aansluiting voor bijzondere effectapparaten.

Als meest voorkomende décors moeten aanwezig zijn: een bosch, een tuin, een straat (middeleeuwsch en modern), berggezicht, drie horizondoeken met zijdoeken, effengrasdoeken, wolkengaasdoeken, enz. Voor interieurs een klassiek-, tempel-, paleisdécor, 2 of 3 middeleeuwsche décors, een vesting, een gevangenis en voorts een dozijn of meer kamers in verschillenden stijl.

Kleedkamers.

Een gewone schouwburg zal moeten bevatten 6 à 8 kamers van 4 × 3 M voor artiesten, 4 kamers van 4 × 8 M voor koristen en ballet, goede kleedtafels, verschuifbare lichten en groote spiegels. Aan één zijde van het tooneel gelegen en daarvan gescheiden door een brandvrije gang van minstens 1,30 M breedte, moeten deze kamers in een complex van verdiepingen gelegen zijn, met ruime brandvrije, goedverlichte, gemakkelijk klimmende trappen voor vervoer van koffers en kisten door eenzelfden toegang van buiten bereikbaar. De deuren der kamers minstens 0,80 à 0,90 M breed. Aan de buitenzijde van het gebouw langs alle kleedkamers ruime balkons met gemakkelijk ingerichte verbindingen met den beganen grond.

Woningen en restauratielokalen.

De in het parterre voor den toezichthebbende bestemde woning zal zoo gelegen moeten zijn, dat zij bij brand zonder gevaar kan worden verlaten. Volgens de Pruisische Politieverordening mogen zij alleen van buiten toegankelijk zijn en met het gebouw niet onmiddellijk in verband staan. Restauratieruimten, enz. kunnen onder bepaalde voorwaarden aan het schouwburggebouw worden verbonden.

Magazijnen en nevenlokaliteiten.

Er wordt onderscheid gemaakt tusschen magazijnen voor kleederen, schoenen, uitrustingen, wapens en dergel. en die voor meubels en decoraties. Zij kunnen onder bepaalde voorwaarden in de schouwburgruimte of de tooneelruimte worden ondergebracht. In het laatste geval aan de tooneelzijde, tegenovergesteld aan die der kleedkamers, terwijl ook het achtertooneel hiervoor kan dienen. De ruimten boven de magazijnen voor figuratie in te richten. Decoraties kunnen ook onder het tooneelpodium worden opgeborgen; schilderzalen zijn toegelaten in den aanbouw van de schouwburgruimte. Werkplaatsen zijn verboden; arbeidsvertrekken, voor hen, die met het theaterbedrijf uitstaande hebben, zijn veroorloofd.

Verbindingsgangen.

De gangen om de toeschouwerruimte worden berekend op het aantal personen behoorende bij de ganggedeelten. De tooneelgang in het parterrre is tot een grootte van 250 M² van het podium minstens 2 M breed te nemen. Onder het podiumoppervlak vallen dan niet de eventueele zij- en achtertooneelruimten.

Trappen.

Eveneens te bepalen naar het aantal daarbij behoorende personen. Behalve minimum maat ook een maximum maat van 2,5 M voorgeschreven, daar een te groote breedte ook het gevaar van vallen verhoogt en daardoor belemmering in het verkeer grooter wordt. Elke rang heeft zijn afzonderlijke trap. Gemeenschappelijke trappenhuizen liggen niet in den geest der wet, bij zulk een aanleg zou het instorten van den aan één trap behoorenden arm het gaan over de tweede trap verhinderen of geheel onmogelijk maken.

Rangen.

Om een overmatig aantal zitplaatsen te ontgaan en de vrije luchtruimte per plaats niet tot een minimum te maken, worden bij groote theaters niet meer 4, maar 3 en bij kleine theaters slechts 2 rangen toegelaten.

De helling der plaatsrijen in de verhouding van 55 : 80 met 80 cM als minimum lengte komt overeen met de ingeschreven maat van 80 cM als minimum van den afstand tusschen de rijen. Bij 3 treden voor de tusschengangen voor elke plaatsrij wordt de trede 55/3 = 18 cM hoog en 80/3 = 27 cM breed; bij 4 treden 14 en 20 cM. De eerste verdeeling is het beste (fig. 30).

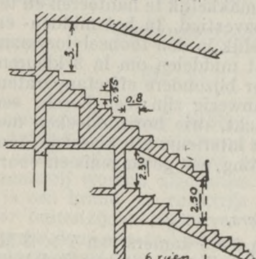


Fig. 30.

Tafel van afgifte, 1 M voor elke 25 personen.

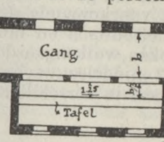


Fig. 31.

Orkest, Souffleur.

De ruimte voor de orkestleden moet minstens 2 uitgangen hebben.

Volgens den heer *Poutsma* moet de orkestruimte 1 M of meer onder den zaalvloer liggen, waarbij de vloer vrij van den ondervloer in beton moet worden aangebracht, en voor de acustiek als een omgekeerd gewelf is te construeeren. In den orkestvloer behooren zich te bevinden een dertigtal aansluitingen van de lessenaars, welke van aan de bovenzijde afgedekte electrische lampen zijn voorzien. Deze aansluitingen onder te verdeelen in kleine groepen, zoodanig, dat bij stoornis in de stroomleiding van een groep de verdeeling van het licht zóó blijft, dat de musici er zich tijdelijk bij zouden kunnen behelpen.

De orkestruimte voor 1/8 onder het tooneel te bouwen en groot genoeg voor minstens 40 musici met zoo mogelijk gelegenheid voor uitbouw links en rechts met plaats voor nog 15 à 20 musici. Voor den dirigent een in de hoogte verstelbaar podium met goed verlichten lessenaar.

Naast de orkestruimte links en rechts bij voorkeur geheel of gedeeltelijk onder de tooneelruimte, kleedkamers en magazijngebouw, behooren de stemkamers te zijn met afmeting van 7 × 5 M in directe verbinding naar buiten door ruime nooduitgangen.

Garderobes. (fig. 31).

Hierbij zijn de breedte van de voorruimte en de lengte der tafel van afgifte voorgeschreven. De grootte hangt van het correspondeerende deel der zitplaatsen af. De Pruisische verordening verlangt zelfs overeenstemming tusschen de kleederen- en plaatsruimten.

Voorrijruimte.

Deze moet overdekt zijn over een zekere lengte.

Uitgangen, deuren.

Voor elke 6 zitrijen wordt aan beide zijden minstens een deur verlangd. Daar meer

dan 24 zitplaatsen in een door middengang onderbroken rij wel zelden zullen worden gebezigd, zullen in dit geval $6 \times \frac{24}{2} = 72$ personen komen op een zijdeur van minstens 1,50 M breedte. Daar de geheele omtrek van het parterre wel door deuren zal moeten worden onderbroken, zal het niet mogelijk zijn in het parterre nog loges aan te brengen.

De gangen en deuren zullen in het algemeen zulke breedte krijgen, dat 80 personen op 1 M gangbreedte en 1 M deurbreedte komen. De deuren krijgen natuurlijk geen drempels.

Vensters, rookafvoer.

De vensters in de vertikale afsluitingswanden van de tooneelruimten zullen minstens 15% van de tooneeloppervlakte uitmaken. De doorsnede der rookkanalen in het tooneeldak minstens 5% van het tooneeloppervlak. De vensters der trappenhuizen moeten alle van uit een centraal punt gelijktijdig geopend kunnen worden.

Brandscherm.

Van ijzer of ijzerbeton. Aan de voorzijde met asbestbedekking. De valsnelheid 1 M per sec. Volgens Pruisische politieverordening 0,25 M per sec.

In het brandscherm mogen geen deuren worden aangebracht, daar zij bij brand gevaar kunnen opleveren, in het uiterste geval (om het publiek mededeelingen te kunnen doen) in het midden een opening van 0,60 M breedte en 1,50 M hoogte, afgesloten met een vanzelf toevallende naar de tooneelzijde openende deur, welke in normale omstandigheden met een gemakkelijk beweegbaren grendel gesloten blijft.

Zit- en staanplaatsen.

Alle zitplaatsen als klapstoelen in te richten. Afstand der zitplaatsen 80 cM (vroeger 70 cM). Voor staanplaatsen niet meer dan 3 personen per M^2.

Gangen in de toeschouwersruimte.

In het parterre en rangen aan elke zijde een gang. De breedte dezer gangen minstens 1 M; bij hoogstens 14 zitplaatsen 1,05 M, bij 16 zitplaatsen 1,10 M, bij 18 zitplaatsen 1,15 M, bij 20 1,20 M, bij 22 1,25 M en bij 24 zitplaatsen 1,30 M. Bij meer dan 24 zitplaatsen in één rij, zijn één of meer middengangen aan te leggen, zoodat aan elke gang slechts 12 plaatsen komen. Deze middengangen moeten bij de eerste rij aan het tooneel met minstens 1,25 M breedte beginnen en na elke rij 6 rijen met 0,21 M verbreed worden.

De verlichtingstoestellen moeten op gepaste hoogte boven den vloer en in de muurnissen worden aangebracht.

Werkvloeren.

De uitgangen der werkvloeren moeten met schuifdeuren worden afgesloten, anders zijn deze in het geheele gebouw verboden.

Bedekking van de tooneelruimte met een „Rost” alsook de plaatsing van een „rolvloer” is niet toegestaan. 20% van het tooneeloppervlak moet door de decoratie minstens worden vrijgehouden. De balustrades der werkvloeren en loopbruggen worden met draadnetten boven den vloer voorzien om het afvallen van werktuigen enz. te voorkomen.

Verlichting.

Het geheele gebouw moet minstens door twee van elkaar onafhankelijke verlichtingen of stroombronnen worden voorzien.

Verwarming.

De haarden of kachels kunnen voor elk vuur worden ingericht (kolen, gas of anderszins).

Ventilatie.

Ventilatieopeningen zooveel mogelijk in het midden der toeschouwersruimte met opening van 2,5% van het grondvlak. De kleppen dezer opening moeten ook vanaf de toeschouwersruimte kunnen worden behandeld.

Brandseininrichting.

Een automatische brandseininrichting voor elke ruimte van het gebouw, waarin zich niet gedurende de voorstelling gedurig menschen ophouden.

Brandbluschmiddelen.

De hydranten moeten 2 van elkaar onafhankelijke toevoerleidingen hebben. Regeninrichtingen worden wegens de onaangenaamheden en storingen in het bedrijf bij beproeven, niet meer voorgeschreven. Ook extincteurs zijn noch verboden noch voorgeschreven.

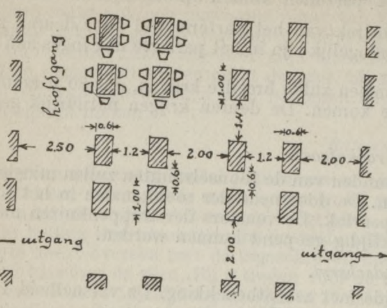


Fig. 32.

Speelhallen en Variété's

kenmerken zich technisch door het hebben van een eigen tooneelruimte met vasten vloer en het ontbreken van een ruimte onder het tooneel. Men kan dus niet van een tooneelhuis (gebouw) spreken. De voorschriften sluiten zich aan bij die van de z.g. „Voltheaters", Ook wordt de grootte onderscheiden in die van minder of meer dan 800 toeschouwers. Voor afvoer van rookgassen moet 15% van het tooneeloppervlak beschikbaar zijn, waarvan 10% op de vensters vallen van de omsluitende wanden en 5% op de kanalen. De opstelling der tafels en inrichting der gangen zijn schematisch in figuur 32 aangegeven.

Circussen.

Vast Circus.

Middellijn cirkelvormig *rijperk* 13 à 14 M.

Pad om het rijperk 1 M.

Aantal *zitplaatsen* ongeveer 1000—1500 verdeeld over 4 rangen trapsgewijze aangebracht. Elke plaatsbreedte minstens 60 cM; afstand der rijen minstens 80 cM midden op midden. Niet meer dan 14 plaatsen aaneengesloten.

Breedte der *zij- en tusschenpaden* minstens 1 Meter.

Breedte *gangen, trappen en deuren* in de toeschouwersruimte minstens 1 M voor elken doortocht van 120 personen. Kleinste breedte der gangen, trappen en deuren niet minder dan 1,10 Meter.

Breedte der *gangen en trappen*, waarop de vorige uitkomen, minstens 2,50 M breed.

Bij iederen rang *garderobes en privaten* voor heeren en dames; voor 1en en 2en rang te zamen een *foyer* en voor 3en en 4en rang eveneens een *foyer*.

Verder *afzonderlijke loge* voor hooge autoriteiten met 12—20 zitplaatsen.

De *toegangen* zooveel mogelijk in een hoofdvestibule te vereenigen.

Voor 1en en 2en rang liefst 2 afzonderlijke toegangen, één voor voetgangers en één overdekte voor bezoekers in rijtuigen. Iedere toegang met een plaatsbureau.

Voor 3en en 4en rang te zamen één *toegang* met plaatsbureau en uitgangen langs een van buiten aangebracht balkon met 4 trappen van minstens 1,50 M breedte en brandvrij. Het balkon bereikbaar door een voldoend aantal deuren en *nooddeuren*. Evenzoo *nooduitgangen* voor 1en en 2en rang.

Lokalen voor directie en administratie van 25 à 30 M² oppervlak en *conciergewoning* met kamers van ongeveer 20 M² oppervlak, keuken, kelder, privaten, enz. Aanbevolen beide in de nabijheid van den hoofdingang.

Stallen.

De stallen moeten ongeveer 100 paarden kunnen bergen. Tevens is noodig een afzonderlijke ziekenstal met ongeveer 4 standen en 4 boxen. In de stallen moeten op gepaste afstanden verblijfplaatsen voor stalknechts worden aangebracht.

Tuigkamer, zadelplaats en bergruimten voor voorwerpen moeten zoo dicht mogelijk bij de stallen en bij het rijperk worden gebouwd.

Verder zijn noodig een *open poetsplaats*, een *mestput*, *stroo- en hooibergplaats* en een *haverkamer*.

Woning van den stalmeester wordt gebouwd in de nabijheid van de stallen, veelal bestaande uit 3 kamers, keuken, kelder en verdere gemakken.

Kleedkamers artisten, worden eveneens in de nabijheid der stallen geplaatst en moe-

ten in elk geval geriefelijk te bereiken zijn. Het aantal is ongeveer 20 voor de heeren en 20 voor de damesartisten, benevens een groote algemeene kleedkamer voor figuranten en anderen. Daarbij moet een ruime garderobe voor costumes aanwezig zijn. De heeren- en damesafdeeling krijgen afzonderlijke toegangen, trappen en privaten.

Niet te ver van de kleedkamer kan nog een foyer voor de artisten worden verlangd.

Ten slotte zijn benoodigd kelders voor centrale verwarming em electrische verlichting en bergplaats voor brandstoffen.

Vergaderzalen.

Ligging.

Vergaderzalen voor minder dan 800 personen in een apart gebouw ondergebracht moeten een uitgang hebben op een minstens 10 meter breede straat. Bedraagt het aantal bezoekers meer dan bovengenoemd aantal, dan moet de uitgang naar minstens twee verschillende straten kunnen plaats hebben. Bij meer dan 2000 personen liefst geheel vrije ligging van het gebouw.

Ligt de zaal aan één of meer zijden vrij op een binnenplaats uitkomend, dan mogen alleen deur- en vensteropeningen aangebracht worden aan die zijden, welke meer dan 6 meter van de naastbijgelegen gebouwen verwijderd zijn. Doorvaarten of ingangen moeten minstens 4 M breed zijn of te bepalen op 1 Meter breedte voor elke 200 personen. Deze kan minder zijn, wanneer de uitgangen uitkomen op een binnenplaats, welke tegen 4 personen per vierkanten meter berekend, voldoende grootte bezit om allen op te nemen. Men kan dan den doorloop op 1 M per 250 personen stellen.

Binnengangen, trappen en deuren.

De breedte der gangen in de zaal moet minstens 1 meter zijn en kan overigens worden bepaald op 1 meter per 144 personen of 6 rijen van 24. De breedte der deuren, uitgangen, corridors, enz. kan men bepalen naar het oppervlak der zalen, wanneer geen vaste zitplaatsen aanwezig zijn en wel door per vierk. meter beganen grond 2 personen en per vierk. meter galerij 3 personen te rekenen. De breedte der deuren kieze men dan op 1 Meter per 144 personen, bij meer dan 720 personen op 1 meter per 168 personen. In het laatste geval moet de zaal aan beide zijden deuropeningen bevatten. De corridors moeten minstens 2 M breed zijn, wanneer zij voor uitgang dienen.. Het aantal trappen behoeft niet meer dan 1 te bedragen bij minder dan 360 personen, anders twee. De breedte op 1 meter per 144 personen te stellen. Geen trap mag minder dan 1,50 Meter en meer dan 2,50 M breed zijn. Galerijen van hoogstens 30 vierk. meter oppervlak kunnen trappen van 1 Meter breedte bekomen.

Zitplaatsen.

Wordt de zaal blijvend voor zitten gebezigd, dan moet elke zitplaats een minste breedte hebben van 0,50 M bij een afstand van 0,90 M tusschen de rijen. Bij klapstoelen kan de afstand tot 0,80 M worden verminderd.

Tijdelijk bestemde zitplaatsen moeten in rijen aan elkaar verbonden worden, opdat zij niet kunnen worden verplaatst.

De aaneengeschakelde rijen te verdeelen in hoogstens 12 zitplaatsen door gangen.

Openbare leeszalen en bibliotheken.

In een gebouw voor openbare leeszaal bestemd, zullen de volgende vertrekken aanwezig moeten zijn:

1. ruimte of hal, toegang gevende tot de leeszalen (b.g.).
2. garderoberuimte (b.g.).
3. vertrek voor afgifte boeken, aan de leeszaal grenzend (b.g.).
4. diensttrappen en lift naar de magazijnen en bewaarplaatsen.
5. groote leeszaal (b.g.).
6. kleine- of kinderleeszaal (b.g.).
7. zaal voor het houden van lezingen of vergaderingen (b.g. of v.).
8. studiezaal (v.).
9. kamer voor de(n) bibliothecaris(esse) (v. of b.g.).
10. magazijnen of bewaarplaatsen der boeken (b.g., v. en z.).
11. conciergewoning, bevattende de woonvertrekken met keuken (b.g. of v.).
12. pakkerij en binderij (b.g. of s.).
13. bergplaats fietsen (s. of b.g.).
14. bergruimten (s. of k.).
15. ruimte voor de centrale verwarming (k).

Openbare leeszaal en bibliotheek te Appingedam. (5000 inwoners) fig. 33).

Openbare Leeszaal te
Appingedam.

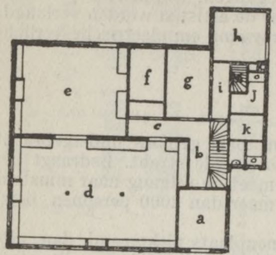


Fig. 33.

Plattegrond:

a. vestibule.
b. portaal.
c. gang.
d. groote leeszaal 6,00 × 9,30 M.
e. kleine leeszaal 5,04 × 6,30 M.
f. afgifte boeken 2,00 × 3,00 M.
g. kleedkamer 2,40 × 3,95 M.
h. bergplaats voor fietsen 2,80 × 2,95 M.
i. toilet dames.
k. toilet heeren.
l. trap naar verdieping, waarop woning van den bibliothecaris; tevens concierge en zaaltje met garderobe en toiletten voor het houden van cursussen, toynbeewerk, enz.
m. trap naar den kelder.

Slachthuizen.

Litteratuur.

W. J. Roelfsema Hzn.	Het openbaar slachthuis der gemeente Groningen. 1900.
G. J. Veenstra.	Voordracht over slachthuizen opgenomen in de Bouwwereld, 1908 nr. 12.
G. Osthoff.	Schlachthöfe und Viehmärkte bearb. von M. Fischer, C. Scholtze, Leipzig. 2. Aufl. 1903
O. Schwarz.	Bau, Einrichtung und Betrieb öffentlicher Schlacht- und Viehhöfe. Springer. 1912. 4. Aufl.

Terrein. Het terrein is buiten de stad liefst uit de meest voorkomende windrichting te kiezen, evenwel op niet te grooten afstand verwijderd. Verder is een terrein aan stroomend water voordeelig en moet het liefst geïsoleerd en afgesloten kunnen worden. Waar een veemarkt aanwezig is, zal het slachthuis daarmede moeten worden vereenigd, ook ten behoeve van de exportslachterij.

Osthoff rekent voor Duitschland 150 M² terrein per 1 000 inwoners.

Gebouwen. Deze bestaan uit:

1. Het *slachtruim*, veelal voor groot en klein vee afgescheiden van de ruimte voor het slachten van varkens. Het slachten geschiedt ook wel in slachtkamers, groepsgewijze bij elkaar liggend, van niet meer dan 60 M² oppervlak.

Voor varkens maakt men een afzonderlijk vertrek voor broeiruimte.

2. Een *veestal* voor het onderbrengen der dieren, daarboven maakt men de voerbergplaatsen.

3. Een *afzonderlijk slachtruim* met een stal voor ziek of verdacht vee, geheel afgezonderd van de andere gebouwen gelegen.

4. Een *darmwasscherij met mestbergplaats*, welke in verbinding staat met de slachthallen, doch zoodanig, dat de lucht niet in de hallen kan toetreden.

5. Een *koelhuis* voor het bewaren van het vleesch.

6. Een *ketelhuis met machinekamer* voor het maken van warm water, het verkrijgen van de noodige beweegkracht en electrische verlichting.

7. De *dienstwoningen* voor de ambtenaren.

Slachthal voor groot vee.

Volgens Duitsche onderzoekers is het aantal slachtingen per dag per 1000 inwoners ongeveer 0,4 voor groot vee, hetgeen men ook voor ons land kan rekenen of per jaar gemiddeld 140 stuks.

Grootte der slachthal zonder koelhuis:

Heeft men geen koelhuis, dan moet het vee in de hal hangen om af te koelen, nl. ongeveer 12 uur voor groot vee; alzoo één takel per dag met een oppervlakte voor elke slachting van ± 5 M² en ± 2,5 M² voor afkoeling.

Duur van het slachten is 2 uur.

Men legt ± 20% meer takels aan dan het gemiddeld aantal slachtingen per dag, en daarbij een paar reservetakels op normale afstanden. Een rund neemt ± 0,5 M² plaatsruimte in.

Inrichting voor een slachthal met 2 rijen takels in een zijdeel volgens fig. 34; voor groote hallen volgens fig. 35.

Slachthal met koelhuis. De hal krijgt transporttakels, die langs ⊥ of I-ijzers loopen, ook wel roltafels. Verder haken rondom de kolommen en langs den muur ± 1,80 M boven den vloer.

Ramen ongeveer 1,70 boven den vloer, de borstweringruimte dient voor bevestigen der trekinrichting der takels, of voor het plaatsen van kasten.

Watervoorziening: Gemiddeld 0,3 M³ water per slachting: het water is goed, als het voor ketelwater geen schadelijke bestanddeelen bevat. Waterkranen worden aan den wand aangebracht en wel één kraan op drie takels en tevens kranen aan de kolommen voor reiniging van de hal zelf.

Rioleering: Het afvalwater wordt in de slachthal over den vloer naar de wanden en de middengang geleid naar goten (helling 1 : 50) welke in zinkputten uitmonden.

Oppervlak van den slachtstand = 6 M² van de bebouwde ruimte der hal.

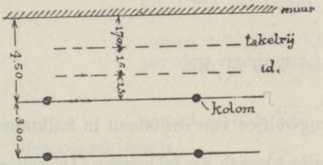


Fig. 34.

Inrichting bij groote slachthallen: Oppervlak van elken slachtstand = ± 7,4 M².

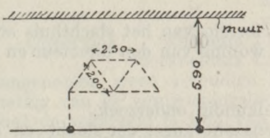


Fig. 35.

Het verval van den vloer bedraagt bij effen materiaal 1 : 25, bij ruwer 1 : 20.

Wanden van de slachthal: bepleisterd met afgeronde hoeken, gewit of geschilderd in een lichte kleur. De lambrizeering tot aan den onderkant der ramen af te pleisteren in cement en in lichte kleur afverven, ook wel met Robinson's albastcement of met geglazuurde tegels.

Vloeren van de slachthal. Het meest hebben voldaan de bevloering van ironbricks en gemetselde klinkers op den kant in vischgratenverband; evenzoo asphalt dik 2 à 3 cM op onderlaag van beton van 15 à 20 cM dikte.

Kap: hout of ijzer, laatste vereischt meer onderhoud.

Slachthal voor klein vee.

Voor klein vee is per 1000 inwoners per dag te rekenen op ± 0,8 slachting of ± 240 stuks per jaar. De indeeling van de hal is gelijk als bij groot vee, behalve de inrichting. Men bezigt hier slachttafels lang 1 M, breed 0,60 M en hoog 0,70 M op schragen; hier en daar een verplaatsbare takel en langs den muur en tusschen enkele kolommen raamwerken met haken voor het ophangen van het vee en der ingewanden. Elk stuk vee vordert ± 1 Meter lengte raamwerk. Voor afkoelen rekent men een halven dag. De rijen haken aan de raamwerken moeten minstens 0,50 M uit elkaar en ± 2 M boven den vloer liggen. Het slachten van een stuk klein vee vordert minstens 3 M² oppervlak en ½ uur.

Slachthal voor varkens.

Per 1000 inwoners rekent men op een slachting van 1,2 varken per dag of ± 400 stuks per jaar. Veelal wordt de hal door een scheidingsmuur in een broei- en een slachtruim verdeeld. De broeikuipen worden berekend op het broeien van ± 300 varkens per dag. Het steekhok wordt bij de broeikuipen geplaatst. De zich uit de kuipen ontwikkelende dampen moeten direct verwijderd worden.

Ook hier vindt men slachttafels, ramen met haken, enz. Men rekent voor een varken op ± 1 M lengte raamwerk, voor het slachten op ± 2 uur, voor het afkoelen 10 uur en voor de ruimte der slachting met inbegrip van broei- en gangruimte op ± 12 M².

Broeikuipen uitsluitend van gietijzer, ± 90 cM diep; temperatuur van het water ± 62° C.

Slachtruim voor ziek vee.

Behalve de noodige inrichtingen, zooals bij de slachthallen van groot en klein vee, vindt men veelal onder één dak een vertrek met kookketel, soms ook een steriliseerapparaat. Verder is onmisbaar een Kafilldesinfector voor het vernietigen van afgekeurde dieren.

Darmwasscherij bevat ijzeren spoelkuipen, langs de wanden en daarnaast ijzeren of van draadglas vervaardigde tafels en tevens mestbergplaats.

Grootere slachthuizen bevatten meer dan één darmwasscherij, soms één voor elke diersoort. Het is veelal een rechthoekig vertrek met sterk hellende goten.

De mest wordt door middel van spoelwater, waarvoor aan de wanden waterkranen zijn aangebracht, in de mestgroep gevoerd door middel van hierin uitmondende goten. Betere inrichting is de verhoogde darmwasscherij, bestaande uit een gaanderij langs de wanden ter hoogte van ± 2,20 M boven den vloer. De meststoffen gaan door kokers direct in de zich bevindende wagens, welke geregeld worden weggehaald.

Koelhuis (Zie ook onder Koelhuizen bldz. 906).

Het koelhuis wordt goed isoleerend gemaakt. De vereischte temperatuur is 2 tot 5° C. bij droge lucht.

De deuren krijgen schutportalen; de vloeren zijn van asphalt of gemetseld.

In het openbaar slachthuis te Leiden is de vloer van het koelhuis als volgt:
onderlaag beton dik 0,15 M.
2e laag scherp zand dik 0,04 M.
3e ,, beton dik 0,08 M.
4e ,, dubbele loodisoleering Siebels patent.
5e ,, sterke mortel dik 0,03 M.
6e ,, isoleerlaag van zuivere koolasch (sintels) 0,50 M dik.
7e ,, beton dik 0,13 M.
deklaag van sterke mortel dik 0,02 M.

Het koel- en vóórkoelhuis zijn afgedekt met trogwelfjes van drijfsteen in kalkmortel aangerazeerd ter dikte van ± 16 cM.

Elke slager moet een gesloten cel bezitten om zijn vleesch op te hangen. De cellen zijn veelal van ijzeren traliewerk, lang minstens 1,80 M, breed 1,50 M en de hoogte der wanden minstens 2,50 M. De gangen tusschen de cellen krijgen een breedte van 1,50 tot 2,00 M. De cellen zijn toegankelijk door schuifdeuren van ongeveer 0,80 M breedte.

Stallen.

De stallen krijgen voergang in het midden, zonder tusschenschotten.

Dienstvertrekken.

Deze liggen in den regel bij den ingang van het terrein van het slachthuis en op den beganen grond. Hierboven vindt men veelal de woning van den directeur en verdere ambtenaren. De dienstvertrekken zijn:

1. een kamer voor den directeur-keurmeester.
2. een laboratorium voor microscopisch en scheikundig onderzoek.
3. een kamer voor den hal-opzichter, veelal tevens ontvanger der slacht- en keuringsgelden.

Bij grootere slachthuizen komen daar nog bij:

4. een kamer voor den directeur,
5. idem voor de assistenten,
6. idem voor den ontvanger,
7. wachtvertrek voor de slagers.

Bijbedrijven:

Bij een slachthuis vindt men somtijds een vetsmelterij, een albuminefabriek en een darmenslijmerij en zouterij.

Warmwaterbezorging in het slachtbedrijf:

Voor het verwarmen van het water benut men zooveel mogelijk de stoomwarmte en gebruikt daartoe het koelwater der condensors voor het condenseeren van den stoom. Het tot 40—50° C. verwarmde water wordt in een hoog reservoir gepompt en aldaar door middel van zich daarin bevindende buizen door den afvoerstoom van andere machines of pompen op de noodige temperatuur gehouden. Wil men niet door machineolie verontreinigd warm water hebben, dan moet men klaarbassins voor olieafscheiding aanleggen of in plaats van injectiecondensors, oppervlaktecondensors bezigen. De laatste geven dan water, dat tevens voor kristalijs is te bezigen.

In den laatsten tijd wordt het voor kristalijs benoodigde water verkregen door den afvoerstoom van de bedrijfsmachine in een bijzonderen koker onder vacuum te verdampen.

Slachtbelasting. Gemiddeld rekende men vóór den oorlog voor een koe f 3,—, een os f 4,—, een kalf of schaap f 0,40 en voor een varken f 1,—.

Weeggeld. Gemiddeld was het weeggeld vóór den oorlog voor een os f 0,20, een koe f 0,20, een kalf of schaap f 0,05 en een varken f 0,10.

Keuringsgeld gemiddeld voor een os of koe: f 0,60, een kalf of schaap f 0,30 en een varken f 0,40.

Aanlegkosten van slachthuizen.
De globale kosten waren vóór den oorlog per inwoner, zonder koelhuis f 4,20—f 4,80.
idem met ,, - 6, —f 7,20.

Bedrijfskosten: waren per jaar per inwoner f 5—f 6,—.

Ontvangsten waren per jaar per inwoner ± f 9,— à f 10,— met koelhuisinrichting.

Berekening der benoodigde koude-opwekking.

Bij het ontwerp van het slachthuis te Dordrecht (1903 met 40 000 inwoners) werd uitgegaan van de volgende grootheden:

Slachtingen: gemiddeld 4 maal per week; per jaar:

	groot vee	3 000	stuks	à 325 KG.
klein vee (kalveren, schapen, enz.)		1 800	,,	à 110 ,,
	varkens	6 000	,,	à 125 ,,
samen 1 923 000 KG.				
per dag maximum:	groot vee	18	stuks	à 325 KG.
	klein vee	10	,,	à 110 ,,
	varkens	25	,,	à 125 ,,
samen 10 075 KG.				

Benoodigde koude:
voor het vleesch per dag per KG in het koelhuis 12 calorieën.
idem ,, ,, ,, ,, ,, ,, voorkoelhuis 7 ,,

voor de *koelhuizen:*

(maximum) temperatuur	buitenlucht	+	25° C.
,,	nevenruimten	+	20° ,,
,,	dakruimten	+	30° ,,
,,	aardbodem	+	12° ,,
,,	koelhuis	+	3° ,,
,,	vóórkoelhuis	+	7° ,,

Oppervlak koelhuis 253 M^2; inhoud 253 × 3,5 = 885,5 M^3.
,, vóórkoelhuis 126 ,, ; ,, 126 × 4,9 = 617,4 ,,

Aangenomen werd 4-voudige luchtverversching per dag, alzoo 6012 M^3; voorafkoeling van de vernieuwingslucht 14 calorieën per M^3.

Voor de zekerheid is 10% van de totale hoeveelheid meer gerekend.

De intredetemperatuur in den luchtkoeler werd gesteld op ± 4° C. en 75% vochtgehalte; de uittredetemperatuur op — 3° C. en 100% vochtgehalte; tevens werd met de verwarming der ventilatorwrijvingen rekening gehouden.

Met deze gegevens kwam men tot een opname van 2,7 calorieën per M^3 lucht in den luchtkoeler.

voor de *ijsfabricage:* 2000 KG per dag met smeltverliezen op 2300 KG gesteld.
Voor 1 KG ijs is noodig:

afkoeling van het water van + 12 tot 0°	12	calorieën per dag,
uitvriezen	80	,, ,, ,,
afkoeling van het ijs op 1—5° C.	2,5	,, ,, ,,

waarbij 15% te rekenen voor uitstraling van het toestel, wordt dus ± 109 cal. per dag.

Voor de totale benoodigde koude ging het project nu uit van 845 000 cal. per dag, hetgeen bij een 22-urig bedrijf per dag een vermogen noodig maakte van 40 000 calorieën per uur.

Vermogen der ammoniakkoelmachine: 40 000 calorieën per uur.
Compressor 14 IPK, werkingsgraad η = 0,925.

Krachtverbruik	compressor	15,2 EPK.
,,	condensatorroerwerk	0,3 ,,
,,	ventilator i/d luchtkoker	2,6 ,,
,,	transmissies	4,5 ,,
	samen	22,6 EPK.

Werkingsgraad stoommachine gemidd. η = 0,83 geeft voor de machine het vereischte vermogen van 27,2 IPK.

Berekening der bedrijfskosten:

4 slachtdagen per week met een koelperiode van half April—half November d.i. ± 200 dagen.

Buitentemperatuur gemiddeld voor geheele koelperiode 13° C.; waarbij

temperatuur van den aardbodem	+ 12° C.
,, ,, de nevenruimten	+ 16° C.
,, ,, de dakruimte	+ 20° C.

Onder deze omstandigheden bedraagt de instralingswarmte rond 120 000 calorieën per dag. Voor de vernieuwingslucht werd bij 13° buitentemperatuur en dezelfde vochtigheid gerekend op 8,8 cal. per M³ of 53 000 cal. per dag. Voegt men daarbij het warmte-equivalent van den ventilatorarbeid, zijnde 3500 cal. dan krijgt men totaal 285 200 cal. per dag of met 5% verlies 299 460 cal. per dag.

De gemidd. dagelijksche bedrijfstijd gedurende 200 dagen koelperiode voor geprojecteerde 40 000 cal. machines, wordt hieruit $\frac{299\,460}{40\,000}$ = rond 7½ uur, zonder ijsfabricage. Bij 1500 KG ijs per dag wordt het bedrijf hiervoor 1500 × 120 = 180 000 cal. of 4½ uur.

De benoodigde hoeveelheid heet water op 10 M³ per slachtdag gesteld, geeft van 10 op 80° C. verwarmd 700 000 cal. per dag. Practisch geeft een laagdrukketel per KG verwarmingsstoom, welke de verwarmingsslang in den waterhouder op ± 100° C. verlaat, 500 cal. aan het water. In dit geval is dus benoodigd: $\frac{700\,000}{500}$ = 1 400 KG stoom per dag, of rond bij 7½-voudige verdamping 200 KG kolen per dag.

Deze kosten voor waterverwarming komen dus alleen in rekening, wanneer niet de afvoerwarmte van den stoommachineaanleg benut wordt.

Plattegronden van uitgevoerde slachthuizen.

Openbaar slachthuis te Leiden (1901—02 met 59 114 inwoners).

Plattegrond hoofdgebouw (fig. 36).

a. Slachthal voor groot en klein vee.
b. Slachthal voor varkens met broeiruimte.
c. Stal voor varkens.
d. Koelhuis.
e. Vóórkoelhuis.
f. Portaal.
g. Verbindingsgang.
h. Darmwasscherij.
i. Mestlokaal.
j. Ruimte voor den luchtkoeler.
k. IJsfabriek.

Schaal 1 : 1 000.

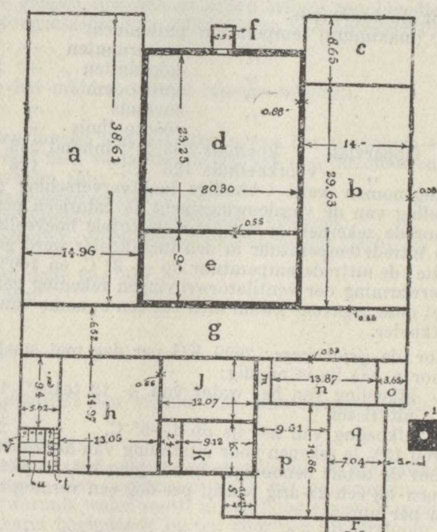


Fig. 36

l. IJsbergplaats.
m. Gang.
n. Gezellenkamer.
o. Sterilisatorruimte.
p. Machinekamer.
q. Ketelhuis.
r. Kolenbergplaats.
s. Werkplaats.
t. Urinoirs.
u. Badkamers.
v. Privaten.
w. Schoorsteen.

Op een verdieping boven *m* en *n* bevinden zich nog een patroonskamer en een kamer voor den Israëlietischen slachter.

Openbaar Slachthuis te Arnhem (1910 met 64 168 inwoners).

Situatie der slachthuizengebouwen (fig. 37).

a. Koelhuis.
b. Slachtplaats.
c. Broeihuis.
d. Darmenwasscherij.
e. Open gang.
f. Gang.
g. Machinehuis.
h. Stallen.
i. Stallen voor ziek vee.
j. Ingang voor vee, enz.
k. Groentenveiling.
l. Administratiegebouwen.
m. Huidenzouterij.

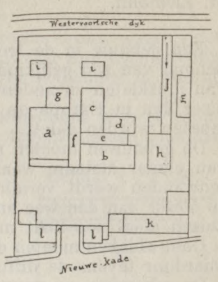


Fig. 37.

Inrichting van gebouwen in de tropen.

Litteratuur.

J. Radersma. Proeven over den invloed van de soort en de constructie der dakbedekking op de temperatuur binnen veldbarakken. Tijdschrift K. I. v. I. van Ned.-Indië. 1891 LXLI.

H. F. Tillema. Over 't vraagstuk van het wonen in Kromo's groote land. 1915. (Niet in den handel).

G. W. F. de Vos. Indische bouwhygiëne. 1892. Met atlas (Netto f 5,—).

Cl. Schilling. Tropenhygiëne. Thieme, Leipzig.

Daniels, Wilkinson en Alcock. Tropical medicine and hygiene. Part I, II, III, 1909, 1910, 1912.

Cooper, House-sanitation. Brit. med. Journal 15. I. 1907.

v. Esmarch. Erwärmung der Wohnungen. Sonne, Zeitschrift f. Hyg. Bd. 48 bldz. 485.

Grieszhaber. Moderne Bauten in warmen Zonen. R. Oldenbourg, München.

Nuszbaum. Gesundheitsingenieur. 1904. blz. 457.

Ranke. Ist in heiszen Gegenden die Erzeugung eines f. d. Europäer günstigeren Klima's möglich? Acrh. f. Schiff.u. Trop. Hygiene. 1907, bldz. 667.

Murray. How to live in tropical Africa 1912.

Simpson. The maintenance of health in the tropics, 1905.

,, The principles of hygiene as applied to tropical and subtropical climates. 1908.

Flügge. Untersuchungen über die hygienische Bedeutung einiger klimatischen Faktoren, insbesondere des Windes. Fischer. Jena. 1903.

Wolpert. Einflusz landhausmäsziger Bebauung auf die natürliche Ventilation. Arch. f. Hyg. Bd. 52. bldz. 46.

F. Plehn. Tropenhygiene. 1901. 2. Aufl. Fischer, Jena.

H. Ziemann. Zu der Hygiene des Wohnens und Schlafens in den Tropen mit besonderer Berücksichtigung derWohnungskühlung. Beiheft z, Archiv. für Schiffs- und Tropenhygiene. 1912. bld. 110.

F. Baltzer. Das Wohnhaus in den Tropen. Zeitschrift: Die Hygiene 1911 nr. 4.

R. Nocht. Der derzeitige Stand der Akklimatisationsfrage. Verhand-

lungen des deutschen Kolonial-Kongresses 1910 zu Berlin.

H. Ziemann. Ueber die Akklimatisation des Europäers in den Tropen. Zeitschrift: Die Hygiene 1911.

Een gebouw in de tropen dient te worden gebouwd op ventilatie en koelte met behoud van zoo gelijkmatig mogelijke temperatuur binnenshuis en het buitenhouden van muskieten en andere dieren. Bij het ontwerpen van een stratenplan zal dus nog meer dan in Europa op een open bebouwing met vele open pleinen met grasvelden moeten worden gelet.

De gebouwen moeten met het oog op het bovenstaande daarom zoo wijd mogelijk van elkaar afstaan, waardoor wederzijdsche reflectie der warmtestralen van de huizenwanden wordt verminderd. Zoo mogelijk bouwe men niet dichter dan ongeveer 10 Meter van den weg en minstens 10 M van het nabijzijnde woonhuis. De kleur der huizen moet zoo licht mogelijk zijn en evenals het dak liefst wit.

Door afdaken moeten de muren tegen directe bestraling van de zon worden beschut, waardoor tevens de diffuse warmtebestraling wordt verminderd.

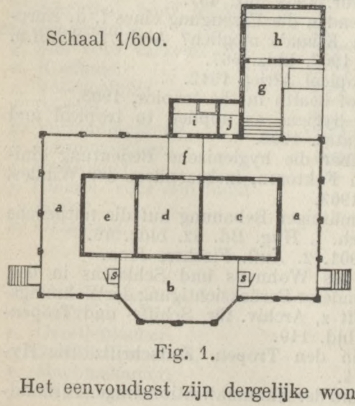
De gebouwen, en vooral de woonhuizen, moeten vrij staan en door de meest heerschende winden worden doorstroomd. Men heeft in de tropen, en wel in het gebied der zeekusten, regelmatig weerkeerende winden, die op verschillende tijden van den dag dag als zee- of landwinden of als moessons in tegengestelde richting waaien. Het beste is het gebouw met de langste zijde naar deze heerschende winden toe te keeren, zoo dat het goed door kan waaien. Goede luchtstrooming in de vertrekken verjaagt tevens de muskieten uit haar schuilplaatsen. Tevens zorge men voor veel licht, daar dit de muskieten en andere insecten uit hun schuilplaatsen verdrijft. Daar veranda's al veel licht wegnemen, zijn aan elkaar grenzende woonruimten ook uit het oogpunt van ventilatie minder op haar plaats.

Huizen aan den evenaar gelegen hebben het halve jaar van 21 Maart tot 21 September de zon in het Noorden, en het andere halve jaar van 21 September tot 21 Maart de zon in het Zuiden; op 21 December en 21 Juni maakt zij den grootsten hoek met de verticaal nl. 23½°. Op plaatsen op het noordelijk halfrond binnen den noorderkeerkring (d.i. op 23½° breedte) gelegen, staat de zon meer zuidelijk dan noordelijk; op het zuidelijk halfrond omgekeerd meer noordelijk dan zuidelijk.

Aan den noorder- en zuiderkeerkring komt zij niet noordelijker of zuidelijker dan het toppunt en wel op 21 à 22 Juni en 21 à 22 December. Buiten de keerkringen blijft de zon, zooals reeds medegedeeld, in het noordelijk halfrond zuidelijk en in het zuidelijk halfrond noordelijk. In het algemeen is dus een lengterichting van het huis van oost naar west te verkiezen, daar de zon alsdan alleen de smalle zijden van het huis treft.

Voor afschutting van de zon moet een huis in de tropen dus van alle zijden door een afdak of veranda worden omringd (in Britsch-Indië „*bungalow*" genoemd). Fig. 1 geeft den plattegrond van een zoodanig gebouw weer. Daar, waar de lucht den geheelen nacht met waterdamp verzadigd is, zooals in Deli en in gebergten, is het beter geen galerijen te bouwen.

Schaal 1/600.



a = open veranda.
b = met gaas afgesloten gedeelte.
c, *d* en *e* = woonvertrekken met door gaas afgesloten ramen.
f = met gaas afgesloten verbindingsruimte.
g = portaal.
h = keuken.
i = badkamer.
j = privaat.
s = muskietensluizen.

Fig. 1.

Het eenvoudigst zijn dergelijke woningen in hout te bouwen. Zij worden dan in

stijlen opgebouwd en verkrijgen een verhoogden houten vloer. Fig. 2 geeft den plattegrond van een dergelijke woning in Padang (West-Sumatra) weer.

Woonhuizen voor Europeanen in steden.

Hebben de oudere woonhuizen voor Europeanen veelal groote erven, waarop ook paviljoens en bijgebouwen voor het bedienend personeel aanwezig zijn, tegenwoordig bouwt men de laatste veelal niet meer en wonen de inlandsche bedienden in hun afzonderlijke wijken.

Fig. 3 geeft den plattegrond van een erf met Indisch-Europeesche woning zooals die tegenwoordig veel in de steden wordt gebouwd. Zij kan tevens als een maatstaf gelden, waaronder liefst niet moet worden gegaan.

Schaal 1 : 1 250.

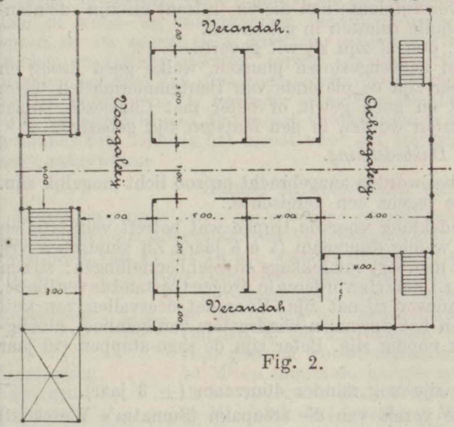


Fig. 2.

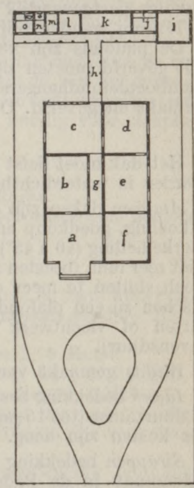


Fig. 3.

a. voorgalerij.
b. studeervertrek en eetkamer.
c. achtergalerij.
d en *e.* slaapkamers.
f. salon of boudoir.
g. gang.
h overdekte verbindingsgang met het bijgebouw.
i. wagenkamer.
j. stal.
k. keuken.
l. goedang of proviandkamer.
m. bergplaats.
n. privaat.
o. badkamer.

Ligging en ruimte der vertrekken

De kamers dienen ruim te zijn, minstens 4 bij 5 M met luchtopeningen, die niet onder de veranda uitmonden. Het slapen op een verdieping is aan te bevelen, indien het dak naar behooren is aangebracht. Tot ongeveer 8½ uur 's morgens en niet voor 3½ uur 's middags moet de zon den voet der muren van de kamers beschijnen. Voor slaapvertrekken is de morgenzon het beste, daar deze dan ongebruikt blijven. De ingangen der vertrekken in malariastreken zijn aan de buiten- of verandazijde zoo mogelijk te voorzien van een muskietensluis, d.i. een samenstel van twee deuren, waarvan de eene gesloten blijft, wanneer de andere opengaat.

Vloeren.

Bij lichte gebouwen en vooral in moerassige lage streken doet men goed den vloer zekere hoogte (1 à 1,5 M) boven den beganen grond te houden, hetwelk kan geschieden met behulp van gemetselde pijlers (fig. 1). Men ontgaat daarmede de vochtigheid van den grond en krijgt een goede luchtwisseling, terwijl ongewenschte gasten als kippen, mieren, ratten, slangen, enz. worden buitengehouden.

Steenen vloeren zijn beter dan houten, bij de laatste is behoorlijke luchtcirculatie vereischt. Zij verdienen nog aanbeveling in vochtige streken op pas ontgonnen terreinen en waar zand niet gemakkelijk te krijgen is.

De vloeren moeten goed dicht zijn aangedreven en van een harde houtsoort (djati- of ijzerhout) zijn. De naden kunnen worden dichtgekalefaat of met vernis bestreken. Ook kunnen de vloeren worden geteerd (1 KG teer per 10 M²), in ieder geval aan de onderzijde.

Wanden en plafonds.

Houten en bamboewanden nemen veel warmte op maar geven deze ook spoedig af, zoodat zij minder lang aan de zon mogen worden blootgesteld dan steenen muren. Bamboewanden of in het algemeen gevlochten wanden bevorderen de ventilatie, maar zijn donker, minder duurzaam en geven veel ongedierte. Heeft men last van te veel tocht door de wanden, dan kan men ze binnen bekleeden met matten (Bantammermatten, keppangmatten, e.d.) Veelal worden bamboewanden bepleisterd en gewit; daartoe moet de bamboe goed droog zijn en op voldoenden afstand door stijlen worden gesteund. Matten kunnen met Chineesch papier worden beplakt en daarna wit geverfd. Dubbele wanden geven minder aanleiding tot temperatuursverandering door weersinvloeden, maar geven verblijfplaats aan dieren (ratten) en zijn dientengevolge pestgevaarlijk evenals alle holle ruimten in gebouwen.

IJzeren wanden blijven te warm, ook al zijn zij wit geverfd.

De plafonds zijn veelal van goed aaneengesloten planken, welke goed droog en wit geverfd moeten zijn. Goedkooper zijn de plafonds van Bantammermatten tegen bamboeplafondhangers aangebracht en goed gewit of beter met Chineesch papier beplakt en geverfd. Ook eternietplaten worden in den laatsten tijd gebezigd.

Dakbedekking.

Het dak moet liefst hoog en dubbel worden aangebracht en zoo licht mogelijk zijn. Verder is waterdichtheid bij zware regens een vereischte.

Atappen daken zijn een ideaal bedekking voor de tropen wat betreft ventilatie en afkoeling, goedkoop en licht, maar weinig duurzaam (4 à 5 jaar). Zij vereischen vrij sterke helling (40 à 45°), anders heeft men last van lekkage en veel herstellingen; zij zijn niet zeer rein, (beesten als ratten, enz.), maar bevorderen in drogen toestand de ventilatie, doch sluiten te meer op elkaar, wanneer zij nat zijn. Voor het neervallen van vuil eischen zij een plafond, terwijl tegen het opwaaien windrasters van bamboe-, nibonglatten of vlechtwerk van taliedoek noodig zijn. Beter zijn de sago-atappen (10 jaar levensduur).

Willits gemaakt van alang-alang zijn nog minder duurzaam (± 3 jaar).

Idjoek bedekking bestaande uit de vezels van de arënpalm (Sumatra's Westkust) is duurzamer (tot 15 jaar), als zij goed gelegd is. Reparatie is hierbij evenwel moeilijker. De kosten zijn hoog.

Sirappen bedekking is houten pannenbedekking, ook wel van bamboe vervaardigd (gloempay in de Padangsche Bovenlanden). Djati-houten sirappen zijn duurzamer dan de ijzerhouten. Maximum ongeveer 30 jaar. Zij zijn evenwel kostbaar en eischen steilere dakhelling (25°). Ook hier is een plafond gewenscht.

Pannendaken hebben nog een groote warmtecapaciteit. Daken onder flauwe helling nemen meer warmte op, te flauwe helling geeft evenwel aanleiding tot doorslaan van den regen. Van belang is, dat de daken een luchtdoorlatend vermogen bezitten. Pannen daken vereischen een zware dakconstructie.

IJzeren daken, veelal van gegalvaniseerd ijzer, zijn warmer dan sirappen of pannen. Men doet goed een plafond aan te brengen en voor ventilatie tusschen dak en plafond te zorgen. Bij hooge daken, zooals bij fabrieksgebouwen toegepast, voelt men niets meer van de uitstraling der warmte. In deze gebouwen doet men goed over de geheele lengte koekoeks en jalouzieën aan te brengen evenzoo de zijwanden. Lage daken van 4—6 M hoogte geven hinderlijker uitstraling en hierbij moet een dubbel dak worden toegepast. Groote dakoppervlakken van ander materiaal dan plaatijzer kunnen den grooten regenval zelden voldoende keeren.

De daken kunnen in flauwe helling gelegd worden; 12° is reeds voldoende.

Niet genageld, maar geklemd zijn de ijzeren daken zeer duurzaam. Om ventilatie te bevorderen moeten luchtkappen worden aangebracht.

De daken aan de binnenzijde te verven met sterk reflecteerende verf, welke in de schaduw moet worden aangebracht en om de 1½ jaar vernieuwd.

Asbestcementdaken van asbestcementleien zijn ook duurzaam, moeten evenwel ook van ventilatie worden voorzien en zijn algemeen duurder dan gegalvaniseerd ijzeren daken.

Deze leien en eternietplaten voldoen in Indië alleen goed, als een goed dragend roosterwerk wordt toegepast, zoodat dichte aansluiting gewaarborgd is. Bij wijd liggende latten heeft men last van zijdelings kromtrekken of opwippen. De platen zijn niet bestand om menschen te dragen en geven nog zware constructie.

Projecteeren van onderdeelen van gebouwen.

Litteratuur.

M. Sirag Jzn.	Beknopt leerboek der Burgerlijke Bouwkunde. H. ten Brink. Meppel.
F. Lz. Berghuis.	Onze betimmeringen, 3e druk.
H. J. de Groot.	Handboek voor timmerlieden. 3e druk 1914.
W. Noorlander.	Betimmeringen. Uitg. Wed. J. Ahrend & Zn.
Nzn. O. L. Veenstra en J. H. Schulp.	Bouwconstructies 1908.

Ligging der woonvertrekken in ons land.

Licht en warmte heeft men aan de *zuidzijde* het overvloedigst. Daarom kieze men daar de woon- en kinderkamers, terwijl de *oostzijde* meer voor slaapkamers aangewezen is. De *noordzijde* is door haar gelijkmatig licht vooral voor werk- en studie-vertrekken en ateliers geschikt, terwijl keuken, eetkamer, provisiekamer, badkamer en privaten het best aan deze zijde worden aangebracht, omdat zij dan niet door de zon worden beschenen. De *westzijde* is wegens den lagen stand van de zon en doordat zij is blootgesteld aan den meest voorkomenden wind voor woonvertrekken niet erg geschikt; deze zijde is het meest voor het trappenhuis en zoo noodig voor slaapkamers aangewezen.

Ruimte en afmetingen van vertrekken.

Minimum ruimte van woonvertrekken volgens gemeenteverordeningen:

Als minimum oppervlak van vertrekken vindt men in de verordeningen bepaald de grootte van 14 tot 18 M², waarbij de hoogte afwisselt
voor benedenwoningen van 2,60 tot 3,50 M.
,, bovenwoningen van 2,20 tot 2,80 M.

Rotterdam . . .	40 M² of als het hoofdvertrek woonkeuken is, een oppervlak van 16 M² bij 2,85 hoogte voor de woonkeuken en 2,50 Meter voor gewone woonvertrekken.
Amsterdam. . .	40 M² en minimum hoogte woonvertrekken 2,70 Meter.
Nijmegen . . .	12 M² oppervlak (na aftrek van betimmering) bij 3 M hoogte.
Dordrecht . . .	14 M², minimhm breedte 2 M en minimum hoogte 3 Meter.
's-Gravenhage . .	36 M² en ten minste 12 M² oppervlakte met daarnaast keuken of spoeleglegenheid van ten minste 7 M². Hoogte der vertrekken niet minder dan 2,75 M.
Utrecht	Elke woning minstens 2 vertrekken, respectievelijk tenminste 15 en 4 M² oppervlak, terwijl de hoogte is bepaald op tenminste 2,75 M.

Verhouding der afmetingen:

Goede verhouding der lengte- en breedteafmeting van een vertrek is 2 : 3 tot 4 : 5. De hoogteafmeting moet in het algemeen met de grootte van het vertrek toenemen; is het vertrek een rechthoek, dan is volgens een ouden regel de helft van de diagonaal een goede maat. Een andere Duitsche formule geeft voor de normale hoogte 1/3 van de som van lengte en breedte, terwijl ook vaak de hoogte gelijk aan 2/3 of 3/4 van de breedte genomen wordt.

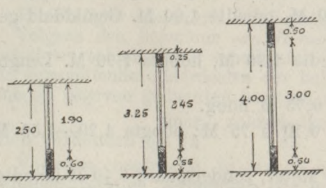


Fig. 1.

De geschiedenis geeft de volgende verhoudingen tusschen hoogte en breedte:

Basiliken	1 à 1½ : 1
Romaansche kerken	2 : 1
Gothische kerken	3 : 1

In het algemeen neemt men tegenwoordig in den huizenbouw de hoogte als volgt:

Arbeiderswoningen	2,80 M
Burgerwoningen	3,—3,50 ,,
Heerenhuizen	3,50—4 ,,

De *lichtverdeeling* kan daarbij geschieden volgens fig. 1. Volgens verschillende gemeenteverordeningen bedraagt het minimum lichtoppervlak 1/6 à 1/8 van het vloeroppervlak voor gewone vertrekken en 1/10 voor zoldervertrekken.

De toegangen in woningen zijn in de verschillende gemeenteverordeningen vastgesteld op 0,80 à 1,00 M als minimum voor de breedte en 1,90 à 2,20 M als minimum voor de hoogte.

Minimum en normale afmetingen van verschillende vertrekken en ruimten:

Badkamers: minimum 2 bij 3 Meter; liefst 2,50 bij 3—3,50 Meter.

Biljartkamer met 1 biljart minimum 3,50 × 4,40 Meter; bij twee biljarten 8,80 × 6,10 Meter.

Keukens: liefst 2,50—3 bij 3—5 Meter.

Privaten: minimum 0,80 × 1,20 M, liefst 0,90—1,00 M bij 1,40—1,60 M.

Salons en ontvangkamers: liefst 4—5 bij 5—7 Meter.

Slaapkamers: éénpersoons: minimum 2,25 bij 3,00 Meter, liefst 2,50—3 bij 3,25—4 Meter.
tweepersoons: minimum 14 M^2, liefst 3,50—4 bij 4—5 Meter.

Stalling voor:

a. 1 rijtuig minimum 3 × 7 Meter; 2 rijtuigen naast elkaar 5 × 7 Meter, elk rijtuig 15 M^2 meer.

b. 1 automobiel minimum 2,50 × 5 Meter, liefst 3,50 × 6.00 M met werkruimte 4,50 × 6,00 M. Voor 2 auto's met werkruimte 7,50 × 6,00 M, elke automobiel 10 M^2 meer.

c. 1 paard 1 × 2,50 Meter. Gemiddeld per paard 3 M^2.

Studeer- of Kantoorvertrek minimum 2,75 × 3,50 M; liefst 3,50—4 bij 4—5 Meter.

Woonkamers: liefst 4—5 bij 4—7 Meter; idem met keuken.

Afmetingen van meubelstukken, voertuigen, enz.

Automobielen: grootste lengte 4,80 Meter; breedte 1,50 tot 1,80 M, grootste hoogte met kap 2,40 Meter, met imperial belast 2,80 M. Radstand gemiddeld 1,30 Meter.

Badkuipen: 1,20 tot 1,85 lang; grootste breedte 0,70 tot 0,85 M.

Bedden: De lengte binnenwerks is 1,80 à 2,05 Meter; hoogte van het voeteneinde 0,75—1,00 M; van het hoofdeind 1,50 —1,90 Meter.
Breedte van éénpersoonsbedden 0,90 tot 1,20 M.
,, ,, twee ,, 1,50 M.

Biljarttafels: van 1,20 × 2,75 M tot 1,50 × 3,00 M.

Brandspuitwagens: De grootste lengte met inbegrip van boom is 6,80 M. De breedte wisselt van 1,50 tot 1,80 M; de gemiddelde hoogte is 2,60 M. Het gemiddeld gewicht is 3600 KG en het maximum gewicht 4 200 KG.

Buffetten: 0,50 tot 0,65 M diep en 1,20 tot 1,80 M lang.

Buggy: totale l[illegible]gte 4,30 M, breedte 1,45 tot 1,50 Meter, hoogte ongeveer 2,20 M.

Chiffonières: 0 M breed, 0,50 M diep en 1,30 M hoog.

Closetrijen in s olen en fabrieken met closet-afstanden van 0,65 tot 0,75 Meter.

Coupé: totale ngte 5,50 M, breedte 1,80 M, hoogte 1,95 Meter.

Kleerkasten: 2 ot 2,50 M hoog, 0,90 tot 1,10 M breed en 0,45—0,60 M diep.

Ladderwagens. Totale lengte met ladders 13,70 M, breedte 1,90 M. Gemiddeld gewicht 2950 KG

Landauer: totale lengte 5,90 tot 6,00 M, breedte 1,90 M, hoogte 1,90 M. Lengte van den boom 2,40 Meter.

Nachttafels: 0,45 M breed in het vierkant en 0,75 M hoog.

Piano's: lang 1,45—1,70 M, grootste breedte 0,70 à 75 M; hoogte 1,20—1,50 M Vleugelpiano's 2,00 M lang en 1,00 breed.

Slangenwagens: Grootste lengte met paard 6,00 Meter, zonder paard 5,40 M breedte 1,75 tot 2,15 Meter; hoogte van 2,05 tot 2,15 M. Gemiddeld gewicht 1350 KG; maximum gewicht 1 570 KG.

Sofa's: lang 1,80 M; breed 0,75 M.

Tafels: Schrijf- en eettafels zijn 0,75 M hoog; buffet- en aanrechttafels 0.95 M. Eettafels zijn lang 1,30 tot 5 Meter en meer, breed 1,00 tot 1,20 M. Noodige ruimte tusschen vloer en onderkant tafel 0,60 M; minste breedte dezer ruimte 0,50 Meter.
Bureautafels zijn gemiddeld lang 1,50 M, breed 0,80—1,00 Meter voor één persoon, voor twee personen tegenover elkaar is de breedte 1,20—1,50 M.

Toiletspiegels: van 0,50 M breedte en 1,50 M hoogte tot 0,95 breedte en 1,90 M hoogte.

Urinoirs: breedte der standplaatsen 0,60 tot 0,80 M, hart op hart (liefst minstens 0,70 M) diep 0,40 tot 0,55 M, hoog 1,35 à 1,70 M.

Victoria: lengte zonder boomen 2,90 M; lengte van den boom 2,40 M. Geheele breedte 1,60 Meter.

Voetbaden: 0,55 × 0,50 M, hoog 0,45 Meter.

Waschbakken en keukengootsteenen: lang 0,60—0,80 M; breed 0,50—0,60 M.

Waschtafels: in het algemeen 0,80 M hoog; breedte 0,45 tot 0,60, lengte 0,60 tot 0,70 M voor één persoon en 0,90 tot 1,20 M voor twee personen.

Waterclosets: hoogte zitvlak tot vloer 0,43 M; afstand van muur tot voorkant zitting 0,55 tot 0,70 Meter. Minimum privaatruimte bij naar buiten slaande deur 0,70 × 1,20 Meter; bij naar binnen slaande deur 0,90 × 1,50 Meter.

Zitbaden: gemiddeld 0,80 M lang en 0,70 M breed.

Zitplaatsen: Hoogte van het zitvlak boven den vloer gemiddeld 0,45 M.
Diepte van het zitvlak 0,40—0,50 M.
Hoogte van den rug boven den vloer 0,85—0,95 M.
Hoogte der leuningen boven het zitvlak 0,20—0,25 M.
De minimum ruimte voor kerkbanken en afgesloten banken is 0,75 M, welke maat voor het passeeren bij het in- en uitgaan al een weinig te nauw is, beter is 0,80 M. Als breedte van een zitplaats wordt daarbij 0,45 M aangenomen.
In schouwburgen en vergaderzalen is de breedte der stoelen 0,48—0,56 M en zal de afstand tusschen de rijen van rug tot rug minstens 0,75 moeten zijn, als rekening wordt gehouden met het oplichten der zitting.
Als een gemiddelde maat kan worden gerekend op 0,65—0,75 M² oppervlak per zitplaats, wanneer de rijen gebogen zijn en op 0,55—0,65 M² oppervlak, wanneer men rechte rijen heeft. Hierbij gelden de kleinste getallen voor breede zalen.

Muren.

De zwaarten of dikten van muren zijn in de verschillende gemeenteverordeningen vastgesteld (zie ook bldz. 710). Gemiddeld zijn de volgende minimum dikten voorgeschreven.

van muren	met verdieping	zonder verdieping
fundeering	0,33 M	0,22—0,33 M
buitenmuren	0,18—0,22 M	0,11—0,22 M
binnenmuren	0,11—0,18 M	0,09—0,18 M

Balklagen en Vloeren.

Balklagen.

Voordeeligste constructie van balklagen:

Volgens den ingenieur *van Hemert* wordt de prijs van een balklaag, bestaande uit vloer, zolderbalken, moerbinten en kolommen van gegeven materialen (welke voor de verschillende onderdeelen der balklaag verschillend kunnen zijn) en welker doorsneden gegeven gedaanten bezitten zoo klein mogelijk, wanneer de kosten van

	vloer,	zolderbalken,	moerbinten en	kolommen,
zich verhouden als	5 :	15 :	12 :	32

Voor een constructie, bestaande uit vloer, zolder en moerbalken, doch zonder kolommen, zou de verhouding der kosten moeten zijn als 1 : 3 : 12.

Houten vloeren.

Is *d* de dikte der vloerplanken in cM, dan kan men voor het gewicht van 1 M² vloer stellen:

voor dennen en vurenhout: $g = 6\ d$
grenenhout: $g = 7\ d$
eikenhout: $g = 9\ d$

Vloerdikte bij verschillende belastingen en overspanningen, waarbij de toe te laten spanning aangenomen is op 70 KG/cM².

Afstanden der balken hart op hart in cM	60	80	90	100	110	120	130	150	200
Belasting per M² in KG	Dikte van den naaldhouten vloer in cM, waarbij 1 cM voor afslijting.								
150	1,75	2,00	2,15	2,25	2,40	2,50	2,65	2,90	3,50
200	1,90	2,15	2,30	2,45	2,60	2,70	2,90	3,15	3,90
300	2,10	2,45	2,60	2,80	3,00	3,15	3,35	3,70	4,60
400	2,25	2,65	2,85	3,10	3,30	3,50	3,75	4,15	5,20
500	2,40	2,80	3,10	3,35	3,60	3,80	4,05	4,50	5,70
700	2,65	3,20	3,45	3,75	4,05	4,30	4,60	5,15	6,45
1 000	2,95	3,65	3,95	4,30	4,60	4,95	5,30	5,95	7,60

Smallere planken zullen voor dezelfde stijfheid iets dikker moeten worden genomen.
In den huizenbouw bezigt men veelal vloeren van vuren-, dennen- of Amerik. grenenhout, bestaande uit geploegde delen van 0,025—0,035 M dikte en 0,10—1,15 Meter breedte.

Steenen vloeren.

Vloeren van baksteengewelfjes tusschen ijzeren balken:

Dikte van het gewelf	Afstand der vloerbalken in M bij een belasting in KG per M² van:										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1 000
0,11 cM	1,26⁵	1,19	1,13	1,08	1,03	0,99	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80
0,22 cM	2,53	2,38	2,26	2,16	2,06	1,98	1,90	1,84	1,76	1,68	1,60

Vloeren van gewapend beton. (Zie ook bij „Gewapend betonwerk" bldz. 1034).

De eenvoudigste constructie voor kleine overspanningen en lichte belastingen is de gewone vlakke *plaatconstructie.* Bij zwaardere belastingen in pakhuizen zijn de boogvormige constructies beter. Gewapende vloerplaten moeten voor gewone belastingen een dikte hebben van ongeveer 1/20 van de overspanning en een minimum dikte van 8,5 cM.

Wordt de dikte van de plaat grooter dan 10 à 12 cM, dan komt de *balkconstructie* in aanmerking en zal deze in veel gevallen reeds goedkooper zijn en zeer zeker bij vloerplaatdikten van meer dan 14 à 15 cM.

Naderen de afmetingen van den vloer meer tot het vierkant, dan zal een berekening volgens oplegging aan 4 zijden voordeeliger uitkomsten geven dan wanneer de verhouding tusschen lengte en breedte grooter wordt en de berekening moet geschieden volgens de momenten in het midden van de breedte en de lengte.

De prijs van gewapend betonvloeren tevens balklagen bedraagt heden voor woonhuizen scholen, enz. voor een toevallige belasting van 400 KG/M² en een proefbelasting van 800 KG/M² ongeveer f 10,— per M², waaronder begrepen alle leveringen, transporten en arbeidsloonen.

Betonvloeren gewapend met metaalgaas.

Volgens proefnemingen verkrijgt de vloerplaat het hoogste weerstandsvermogen, wanneer het gewicht van het metaalgaas 0,40 KG per M² bedraagt voor elken centimeter van de plaat.

Volgens de formule $$W = 48 \left(\frac{e}{p}\right)^2$$

waarin W = de belasting per M² in KG.
e = de dikte van den vloer in cM,
p = de afstand der draagpunten in Meter,

is elk dezer grootheden te bepalen, waarbij men ongeveer viervoudige zekerheid heeft.

Cassetten vloeren hebben het constructief nadeel, dat zij bij de ingeklemde ondersteuningen slechts weinig beton aan de onderzijde bezitten, terwijl dit toch op deze plaatsen wegens de negatieve momenten een belangrijke drukspanning moet opnemen. De vloeren worden in het algemeen zwaar, daar men bij kleine cassetten toch constructief aan zekere maat van de plaat gebonden is. Men kan de çassetten met fijne pro-

fielen het goedkoopst gieten in gietbeton door middel van vormen op het formeel met behulp van vormzand. Houten vormen lijden te veel bij het ontcenteren.

Holle vloerconstructies.

Men onderscheidt daarbij de typen:

A. Vooraf gereed gemaakte zonder formeelen naast elkaar te leggen balken van gewapend beton.

De constructie mist een solide aanhechting tusschen de balken onderling, zoodat men veelal scheuren op de naden ziet.

Tot het type behooren:

1. De balken *systeem Visintini*, welke als statisch bepaald vakwerk van gewapend beton worden geconstrueerd. Zij worden vervaardigd in een houten model met gegoten ijzeren kernen, waartusschen de wapening wordt gesteld en het beton wordt volgestort. Aan de bovenzijde bezitten de balken wederzijds een sponning voor het aangieten met beton, wanneer zij naast elkaar liggen.

2. de *Siegwart-balken*, bestaande uit dunwandige kokers van ongeveer rechthoekigen vorm (fig. bl. 716), welke aan de onderzijde zijn bewapend. Zij worden het meest in 5 verschillende hoogten gemaakt.

Bij een constante breedte van 0,25 Meter zijn die hoogten 0,12, 0,15, 0,18, 0,21 en 0,24 Meter, terwijl de lengte veelal niet langer dan 6,50 Meter wordt gekozen. In het algemeen komt een vol balkeinde maast een hol te liggen. Onder normale omstandigheden kunnen meer dan 100 M² vloer door vier man in één dag worden gelegd en gegoten.

De prijzen af de fabriek vóór den oorlog en de gewichten per M² zijn als volgt:

Profielhoogte . . .	9	12	15	18	21	cM
Prijs per M² . . .	f 2,70	3,—	3,30	3,60	4,—	Gld.
Gewicht „	110	143	163	180	210	KG.

Zie voor draagvermogen bldz. 716 en 717.

De zijkanten zijn van groeven voorzien voor aanhechting onderling bij het dichtgieten der voegen.

3. De balken volgens het *systeem d'Havé*. Zij zijn Z-vormig en in den handel in verschillende normaalprofielen. De courantste zijn nrs. 10, 13, 16 en 22, welke nummers tevens de hoogten in cM van den balk aangeven.

4. De betonvakwerkliggers volgens het *systeem Lehmann* hebben den I-vorm met opening in het lijf. Voor een belasting van 200 KG/M² en overspanning tot 5,50 M is de hoogte 14 cM en het gewicht per M¹ balk 27 KG en dat van den vloer per M² 161 KG.

5. *De normaalprofielbetonbalken van het Betonwerk Noord-Holland* hebben denzelfden I-vorm en dezelfde hoogte van 0,165 M. Zij verschillen alleen in grootte van wapening. Zij worden naast elkaar gelegd en afgedekt door een bovenvloer van gewapend beton, waarvan de wapening aan de draadankers van de balken kan worden verbonden.

B. *Combinatie van vooraf gereedgemaakte gewapend-beton balken met holle steenen, gebakken klei, enz. al dan niet met een gewapenden bovenvloer.* Het geheel wordt zonder formeelen gemaakt.

Hieronder behoort het *systeem Herbst*, waarbij tusschen liggers van gewapend beton holle steenen van puimsteen, slakkenbeton of gebakken klei worden gelegd, welke steunen op de sponningen. Over deze samenstelling wordt een laag beton gestort ter opneming van de drukspanningen. In 2 à 3 dagen tijds kunnen 100 à 150 M² vloeroppervlak worden gelegd.

Verder vindt men nog andere systemen als die van *Seidel*, *Simon*, *Moyse*, enz.

C. *Betonvloeren gemaakt op vlakke of zeer eenvoudige formeelen.*

Men legt hierbij op het formeel of gestort plafond de bekisting of kokers voor balken en vloer.

Volgens het *systeem Zöllner* zijn deze kokers van hollen steen gemaakt, welke als vulling in de constructie blijven.

Volgens het *systeem Rella* vormen deze holle lichamen tevens het ondervlak van den vloer evenals bij de andere systemen *Lehmann*, *Gasterstädt*, *Züblin*, enz.

Kappen.

Litteratuur.

F. Lz. Berghuis. Kappen, daken en verdere timmerwerken, 2e druk.
E. J. Rothuizen. Het Dak. 1916.
Friedr. Ostendorff. Die Geschichte des Dachwerks.

A. Opderbecke. Dachausmittelungen.
,, Der Dachdecker und Bauklempner. Voigt, Leipzig.
,, Die Dachstiftungen. Voigt, Leipzig.
Ottomar Schiedel. Die Sheddachbauten.

Houten kappen.

Houten kappen zijn aan zekere houtmaten en overspanningen gebonden, waar boven met meer voordeel van ijzer kan worden gebruik gemaakt.

Een overspanning van 30 à 40 Meter geeft reeds een grens van uitvoerbaarheid, waarbij nog ijzeren trekstangen moeten worden toegepast (met uitzondering van de na te noemen systemen *Hetzer* en *Stephan*).

Bij den gewonen huizenbouw bij overspanningen tot 10 Meter worden in het algemeen de volgende typen van kapconstructies gebezigd:

a. de *Hollandsche kap.* (fig. 1),
b. de *Mansarde kap* (fig. 2) voor groote zolderruimte,
c. de gewone *staande kap* (fig. 3) en ook wel een variant of
d. de *Philibert kap* (fig. 4) met kapbeenen, bestaande uit meerdere dunne op elkaar bevestigde planken en
e. de *hangkap* (fig. 5), met den voordeeligsten hellingshoek van 2 op 3 en niet kleiner dan 1 op 2.

De *hangkappen* worden tegenwoordig minder toegepast; zij laten weinig zolderruimte over. Het beginsel van het hangwerk past men meer bij andere houtconstructies toe, waarmede bij vermeerdering van het aantal hangstijlen groote overspanningen kunnen worden verkregen.

Behalve bovengenoemde constructies vindt men bij kleine overspanningen veelal stijve constructies toegepast b.v. volgens fig. 6, waarbij de vloerbalk deel uitmaakt van de kap en in meer of mindere mate met deze wordt belast (dakstoelen, enz.). Bij hooge daken maakt men gebruik van zoogenaamde *springwerken*, waarvan fig. 7 een schema geeft. Bij groote overspanningen en vlakke daken vervalt men in de zoogenaamde *vakwerken*, waarbij de getrokken constructiedeelen, veelal door ijzeren worden vervangen. Zij worden dan ook bijna uitsluitend in ijzer uitgevoerd.

Een opleving der houtconstructies vindt men in de moderne kapconstructies voor groote overspanningen volgens de systemen *Hetzer* en *Stephan*. De houten onderdeelen worden daarbij samengesteld uit planken, welke eerst uitgeloogd en daarna onder druk op elkaar gelijmd worden; de profielen worden vastgesteld overeenkomstig het doel, b.v. T en I doorsnede. De samenhang is zoodanig, dat bij belastingproeven op afschuiving, de breuk niet door de lijmvoegen, doch door het hout gaat. Als voordeelen bezitten deze houtconstructies: onaantastbaarheid voor rookgassen (toegepast voor locomotiefremise te Bern, perronoverkapping te Kopenhagen); snelle montage; korte bouwtijd; geringe kosten.

Te Bern heeft men overspanningen hiermede gemaakt tot 24 M, te Breslau van 33 M, elders 43 M.

Litteratuur hieromtrent: Zentralblatt der Bauverwaltung 1907 en 1910.
Nouvelles Annales de la Construction 1913.

IJzeren kappen.

IJzeren kappen kunnen worden gebezigd voor overspanningen tot 100 Meter en meer, zooals bij het tentoonstellingsgebouw te Parijs in 1889, waarbij de lengte 112 M bedroeg. Bij de constructie moet men zooveel mogelijk naar materiaalbesparing streven; onnoodig groote overspanningen zijn te vermijden, evenals constructies, waarbij het aantal of de lengte der gedrukte staven groot is.

Onder de kleinere kapconstructies onderscheidt men voornamelijk drie typen:

a. de *Belgische kap* volgens schema fig. 8.
b. de *Engelsche kap* ,, ,, ,, 9.
c. de *Fransche* of *Polonceau kap* ,, ,, ,, 10.

De *Belgische kap* kan bij groote spanwijdte een betrekkelijk geringe helling bekomen. Het kapbeen wordt ondersteund door loodrecht op zijn richting staande (druk) stangen. De onderste (trek)stang is horizontaal; een hellende richting geeft alleen voordeel bij groote dakhelling. Men neemt voor het kapbeen bij voorkeur twee kanaal- of hoekijzers; de drukstangen kunnen bestaan uit twee hoekijzers, evenals de horizontale hoofdtrekstang, waarbij dan tusschen de hoekijzers een doorloopende koppel-

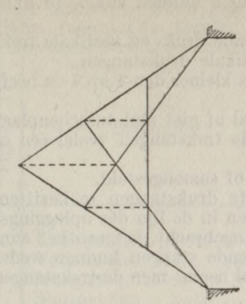


Fig. 7.

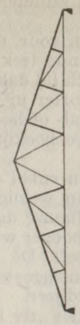


Fig. 8.

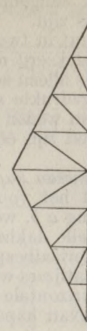


Fig. 9.

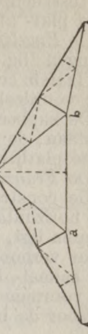


Fig. 10.

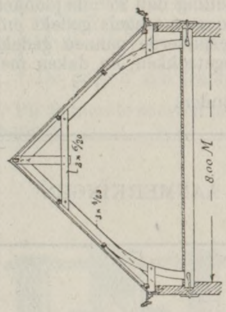


Fig. 4.

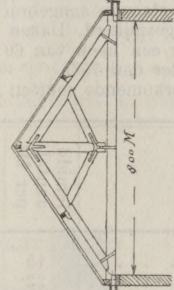


Fig. 5.

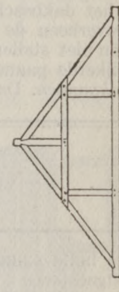


Fig. 6.

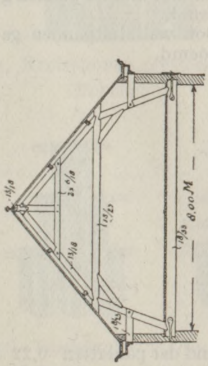


Fig. 1.

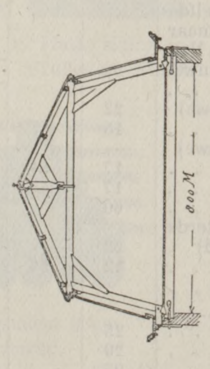


Fig. 2.

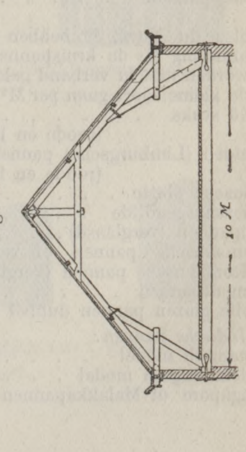


Fig. 3.

of tusschenplaat wordt aangebracht. De schuine trekstangen kunnen enkele of dubbele plat- of hoekijzers zijn.

De *Engelsche kap* komt in twee vormen voor, met hellende druk- en vertikale trekstangen (fig. 9) en omgekeerd met hellende trek- en vertikale drukstangen. De laatste constructie is alleen economisch bij dakhellingen kleiner dan 1 op 4 en heeft het voordeel, dat de gedrukte staven korter uitvallen.

De kapbeenen kunnen weder uit kanaal- of hoekijzers al of niet met tusschenplaat bestaan; de drukstangen zijn één of twee hoekijzers en de trekstangen veelal één of twee platijzers.

De *Fransche* of *Polonceau kap* kan zijn enkel (fig. 10) of samengesteld.

De constructie heeft het voordeel van weinig en korte drukstangen te bezitten. De horizontale trekstang *a b*, welke bij flauwe dakhellingen in de lijn der opleggingspunten ligt, kan bij steile dakhellingen hooger worden aangebracht, hetgeen het aanzicht verhoogt en materiaalbesparing geeft. De verschillende stangen kunnen weder uit kanaal-, hoek- of platijzers worden samengesteld; veelal neemt men de trekstangen en voornamelijk de horizontale van rondijzer.

Voor de berekening van kapconstructies ,zie bldz. 348.

Daken en Dakbedekkingen.

Pannen daken.

Men geeft aan de pannendaken meestal geen geringere helling dan 35°; de planken van het dakbeschot worden staande aangebracht, de naden met tengels gedekt en daaroverheen de panlatten gespijkerd. Daken met niet gespijkerde pannen gedekt mogen niet steiler dan onder een hoek van 60° worden opgetrokken, en daken met gespijkerde pannen niet steiler dan 75°.

Dakpannen. De meest voorkomende soorten volgen hieronder:

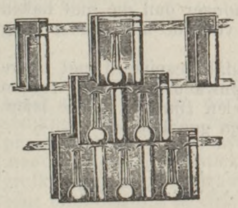
NAMEN	Gemidd. aantal per M²	Gewicht per M² in KG	AANMERKINGEN
Beste holle pannen	15		
Oegstgeestsche	22	54	
Hollandsche { blauwe, roode, hangwrakke	19	50	
Kruispannen . . . . (blauwe en roode)	22		
Bouletpannen *	23	42	* Ook wel Echter pannen genoemd.
Tuiles du Nord, ** hebben dezelfde afmeting als de kruispannen, maar worden niet in verband gelegd. Van de kleine soort gaan per M² evenwel 40 stuks . . . . (roode en blauwe)	22		** Ook wel sluitpannen genoemd.
Mulden (Limburgsche) pannen. . . (roode en blauwe)	15		
Friesche platte	17	54	
Friesche gegolfde	17	44	
Leipannen (verglaasd)	60		
Romaansche pannen of verbeterde Romaansche pannen (verglaasd) .	22		
Cementpannen	12	54	
Holle glazen pannen dubbel dik . .			
Indische pannen:			
Vlaamsch model	25		afstand der panlatten 0,22 M
Palembangsch model	20		,, ,, ,, 0,22 ,
Singapore of Malakkapannen . . .	95		geen panlatten.

De ondervolgende opgaaf geeft de afmetingen en prijzen (begin 1920) van de door Gebr. Teeuwen te Tegelen vervaardigde pannen:

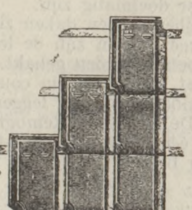
Figuur 11.	Benaming	Latwijdte in centimeter	Aantal per		Prijs per 1000 stuks in guldens *)				
			M²	wagon van 10000 KG	Blauw-zilverkl. of rood			vergl. (gegl.) zwart	bruin of rood
					I	II	III	I	I
a	Kruispannen „Boulet" . .	23½	21	circa 6000	89	78	45	170	170
	Verbeterde Holl. pannen	33	15	3700	140	120	70	260	260
b	Sluitpan „Tuiles du Nord"	24	21	6000	89	78	45	170	170
	Sluitpannen 3 kops	25	21	5000	97	85	45	180	180
c	Muldenpannen 2 kops . .	34	14½	3800	122	108	60	240	240
	Muldenpannen 3 kops . .	33	15	3800	122	108	60	240	240
d	Groote torenpannen . . .	21½	35	10000	85	70		150	150
	Kleine Torenpannen . . .	20	50	12000	75	60		130	130
e	Leipannen afgeronde . .	naar keuze	40 à	12000	75	60		130	130
	Leipannen vierkante . .		60	12000	75	60		130	130
f	Holle Tegelsche pannen . .		20	6000	78				
g	Holle Utrechtsche pannen		17	5000	90				

* De prijzen zijn franco wagon aan de fabriek.

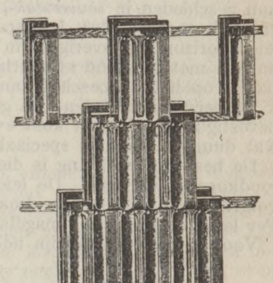
Bij de meeste soorten heeft men speciale vorst- of nokpannen, knik- en ventilatie-pannen.



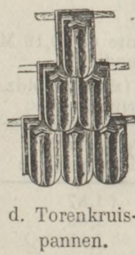
a. Kruispannen (systeem Boulet).



b. Platte sluitpannen (Tuiles du Nord).



c. Muldenpannen met dubbele kop- en zijsluiting.



d. Torenkruis-pannen.



e. Leipannen (afgeronde).



f. Tegelsch formaat.



g. Utrechtsch formaat.

Fig. 11.

In Indië wordt als minimum dakhelling voorgeschreven:
35 tot 37½° bij Vlaamsche pannen
22 ,, 28° ,, Echtsche ,,
25 ,, 31° ,, Palembangsche ,,
25 ,, 30 ,, Malakka ,,

In het algemeen doet men veiliger de hellingen steiler te nemen; evenzoo is de gebruikelijke helling van 25° voor portlandcementpannen aldaar te flauw.

Pannenbedekking:
Prijs per M²: ± 20 pannen *) . . . . f 0,60
opleggen en verdekken . . . . - 0,15
Samen ongestreken f 0,75
Arbeidsloon aanstrijken
specie en koe- of varkenshaar . . . . . f 0,45
Samen gestreken . . . f 1,20

Dakversiering bestaande uit vorsten met versiering per Meter f 2,50—f 3,—; *) verglaasd f 5,—. *)

Gewone vorstpannen per 1000 stuks:
Zeeuwsche en Hollandsche vorsten behoorende bij holle pannen f 40,—f 45,—. *)
Vorsten bij kruispannen. Tuiles du Nord, enz. f 200,—f 250,—. *)
Rietvorsten f 120,—f 150,—. *

Gevelplaten: gewone rand per stuk f 0,30—0,40 *)
eindkrullen ,, ,, - 0,40—0,50 *)
frontons ,, ,, - 3,00—4,00 *)
pinakels met broekstuk - 12,—14,— *)

Leien daken niet vlakker dan 25° en niet steiler dan 75°.

De gewone leien worden op dakbeschot gespijkerd, waarvan de planken liggende worden gelegd; bij groot formaat leien ook wel op latten met leihakken. De dekking kan geschieden in *couvertdak-*, *maas-*, *schulp-* of *puntdak*. De eerste wijze is de beste en geeft ongeveer 20% leibesparing. Daarbij loopen alleen de onderste of z.g. aanzetleien horizontaal, overigens in schuine richting en overdekt in elke rij de eene lei de andere met een rand of overlap van 7 à 8 cM breedte. Het aanbrengen van asphaltpapier op het dakbeschot kan zeer doelmatig zijn.

De herstellingskosten van gespijherde leien daken zijn hooger dan die met haken bevestigd; het dekken kost evenveel, alleen zijn de leien voor de hakenbevestiging wat duurder, daar zij speciaal moeten worden gehakt.

De beste leibedekking is die met Moezelleien in couvertdak gespijkerd met zware roodkoperen leinagels. De leien moeten bij het leggen nauwkeurig behakt worden volgens den natuurlijken draad. De Fransche Remogne leien zijn ook goede leien. Per lei zijn noodig 2 leinagels of één leihaak; de eerste zijn goedkooper.

Voor 1 M² leiendak zijn noodig bij:
80 leien . . . . f 1,60
160 leinagels . . . . - 0,16
arbeidsloon 2 man (1 leidekker en 1 opperman).
2 M² per uur . . . . - 0,20
steigers, stellingen, enz. . . . . - 0,14
samen . . . . f 2,10 *)

Met koperen haken ± f 0,50 per M² meer.
1 M² leibedekking van Moezelleien f 1,70.

Ardensche leien hebben een lengte van ongeveer 0,30 M bij een breedte van 0,19 M en een dikte van 2 tot 3 mM. Per M² heeft men ongeveer 50 leien noodig.

Asbestcementleien (hydraulisch geperste leien, ,,Eternit'' leien) enz. (zie ook bldz. 1020) heeft men in de volgende courante afmetingen gewichten en prijzen: *)

Afmeting cM	Gewicht per M² gedekt	Aantal per M²	Prijs per M² gedekt gemeten
20 × 20	10,5	42	f 1,87
30 × 30	9,6	16	1,56
40 × 40	8,15	8,15	1,45

*) Vóór den oorlog.

Zij worden ook vervaardigd tot grootten van 0,20 bij 1,20 M.

De leien kunnen ook op staand dakbeschot worden gespijkerd, ofschoon liggend beschot beter is.

De nokken zijn lang 40 cM, breed 10 cM en kosten f 0,20 het stuk.

Vertind koperen haken 3 per M, per 100 stuks f 6,50.

Het soort. gewicht der leien is 1,94—2,21.

Zinken daken.

De uitvoering van zinken daken eischt bekwame werklieden.

In het algemeen is voor 1 M² dakbedekking 1,50 M² bladzink noodig; de zwaarte wordt genomen tusschen de nummers 12 en 15 (zie bldz. 633).

D *ruiten* (losanges) worden veelal gemaakt van zink nr. 10—14 en in verschillende grootten (normaal 0,40 M in het vierkant).

De ,,Vieille Montagne" te Luik levert de navolgende grootten:

Afmeting der zijde.n	Aantal ruiten per M²	Gewicht in KG van 1 M² ruitenbedekking met inbegrip van klemmen			
		Zink nr. 10	11	12	13
0,28	14,5	6,03	6,91	7,80	
0,35	9,2	5,80	6,36	7,44	
0,45	5,4	5,33	6,08	6,83	7,58
0,60	3,—	4,71	5,64	6,35	7,05
0,75	1,9	4,40	5,07	5,74	6,41

De *schelpplaten* voor dakbedekking worden in twee grootten in den handel gebracht:

No. 1: lengte der zijden 0,53 M, lengte kortste diagonaal 0,62 M.
Per 10 M² noodig 37 stuks.

No. 2: lengte der zijden 0,52 M, lengte kortste diagonaal 0,55 M.
Per 10 M² noodig 41 stuks.

Gemiddeld gewicht met inbegrip der klampen (KG per M²).

	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14
Schelpplaten No. 1	5,75	6,65	7,50	8,40	9,25
,, No. 2	6,10	7,—	7,90	8,85	9,75

Asphaltdakbedekkingen.

Asphaltpapier-dakbedekking. De bedekking met een enkele laag wordt hoofdzakelijk voor tijdelijke doeleinden toegepast. Men verhoogt den levensduur door bestrijking met daklak, hetgeen om de 2 jaar moet geschieden. Het dubbellagige asphaltdak kan op gebouwen van blijvenden aard worden toegepast; de tweede laag moet met cement-mastiek op de eerste geplakt worden. Men kan het oppervlak met grofkorrelig zand bestrooien om de zwarte kleur weg te nemen. Het dak moet eveneens ongeveer om de drie jaar onderhouden worden.

Men kan het asphaltpapier leggen volgens liggende (horizontale) banen met liggend (horizontaal) dakbeschot of volgens staande banen met staand beschot en roeven op de naden.

Per M² enkele dakbedekking zijn noodig (prijzen vóór den oorlog):

1,20 à 1,25 M papier à f 0,15	f 0,18
40 à 50 nagels	- 0,10
1 KG dakkit	- 0,07
arbeidsloon 3 man 10 M² per uur	- 0,09
Samen	f 0,44

Per M² dubbele bedekking:

2,50 M papier à f 0,15	f 0,37⁵
60 nagels	- 0,10⁵
3 KG kit	- 0,21
arbeidsloon 5 man 10 M² per uur	- 0,15
Samen	f 0,84

Omtrent de prijzen van asphaltpapier, zie bldz. 1020.

Houtcementdakbedekking (cementmastiekdakbedekking) bestaat achtereenvolgens uit:

1. onderlaag van z.g. grijs papier los over elkaar te leggen, bitume-papier, waarvan de naden gedicht worden met cement of mastiek.

2. 2 of 3 lagen dakleder, (bij 2 lagen b.v. 33/38 KG of 28/33 KG; bij 3 lagen 23/28 of 18/23 KG.); de banen 15 cM over elkaar gehecht en in het verstek gedekt, geheel tusschenzijds gesmeerd, geheel afgesmeerd met mastiek; ook kan met asphaltpapier in plaats van met dakleer worden gelegd, maar dit papier hecht minder goed, de bedekking is minder stevig aaneen en bijna tweemaal zoo zwaar.

3. afdekking met een laagje fijn zand of kiezel, waarop fijn grint ter dikte van 3 tot 5 à 6 cM.

De dakhelling kan zijn 2 tot 10 cM per Meter, gewoonlijk 2 à 4 cM per M en bij voorkeur niet grooter dan 8 cM per M.

Het gewicht der dakbedekking bedraagt naar gelang van de dikte der grintlaag
bij 1 cM dikte van de grintlaag 30 KG per M²
,, 2 ,, ,, ,, ,, ,, 50 ,, ,, ,,
,, 3 ,, ,, ,, ,, ,, 70 ,, ,, ,,
,, 5 ,, ,, ,, ,, ,, 110 ,, ,, ,,

Het gewicht zonder grint der bedekking is 2 laags 8 KG p/M²
3 ,, 10 ,, ,,

De prijs van 1 M² dakbedekking van houtcement met bijbehoorend vilt, papier. zand en grintbedekking, zinkwerk, enz. bedraagt gemiddeld f 1,70 per M².

De eigenlijke *mastiekbedekking* verschilt van de houtcementbedekking, doordat zij bestaat uit 2 lagen sterk dekriet, welke door asphaltmastiek worden verbonden en afgedekt met een dikkere laag van dit mastiek. De bedekking krijgt evenals de houtcementbedekking een laagje fijn zand met grint als afdekking.

Diverse dakbedekkingen.

Ruberoïd dakbedekking.

Ruberoïd wordt vervaardigd in verschillende kleuren en rollen van 20 M lengte en 91½ cM breedte.

Prijs per M² bij een dikte van				gewicht per rol	
Prijs per M² bij een dikte van	1 mM	. . .	f 0,36 *)	gewicht per rol	22 KG
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,	1,5 ,,	. . .	- 0,42 *)	,, ,, ,,	28 ,,
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,	2 ,,	. . .	- 0,65 *)	,, ,, ,,	37 ,,
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,	2,5 ,,	. . .	- 0,81 *)	,, ,, ,,	45 ,,

De naden worden met ruberoïdlijm gelijmd. Voor een geheele rol is 1 KG lijm voldoende. Prijs van de lijm bij 100 of 200 KG ongeveer f 0,77 *) per KG. Per rol is ongeveer 1¼ KG verzinkte nagels noodig; prijs f 0,41 per KG. *)

Een verbeterd soort ruberoïd is het Firmitas-dakvilt voor duurzame bedekking, dat wordt geleverd in 3 dikten en evenals het ruberoïd met de naden wordt gelijmd met een soort vernis en gespijkerd op afstanden van 4 à 5 cM. De prijs is voor rollen van 14 × 0,92 M voor

de minste dikte (tijdelijke gebouwen) . . . . . f 7,25 per rol. *)
de volgende dikte . . . . - 8,50 ,, ,, *)
de zwaarste . . . . - 11,— ,, ,, *)

De totale bedekking weegt 2 KG per M².

Daklinnen. Het daklinnen is in allerlei kleuren verkrijgbaar en wordt veelal voor tijdelijke gebouwen gebezigd, daar het sterk genoeg is om zonder dakbeschot te worden aangewend. De breedte van het linnen is 1,04 M.

Dakvilt. Het dakvilt heeft minder onderhoud noodig dan het asphaltpapier.

De breedte van het gewone dakvilt is 1 Meter en de dikte is verkrijgbaar volgens 6 nummers.

Prijs per M² f 1,20 tot f 1,30. *

,,*Java*'' *dakbedekking* wordt in den handel gebracht in 4 nummers en in rollen van 1 Meter breedte. De bevestiging geschiedt als bij asphaltpapier; de overlappen moeten goed met lijnolie of verf worden bestreken vóór ze op elkaar worden gelegd. De bedekking moet éens om de 8 à 10 jaar met lijvige verf worden besmeerd. Prijs der bedekking per M² naar gelang van de kwaliteit f 0,40 tot f 0,85.

Looden dakbedekking. Hiervoor gebruikt men lood in bladen van 3—4 mM dikte. Zij is een duurzame bedekking.

Koperen dakbedekking. De koperen bladen hebben een dikte van 1—2 mM.

---

*) Vóór den oorlog.

Verzinkt ijzeren dakplaten van de Siegener Verzinkerei Actien-Gesellschaft te Geisweid:

Nummer van het plaatijzer	Dikte van de plaat in mM	Gewicht van de dakplaat per M² in KG	Ongeveer gewicht in KG van 1 M² dakbedekking bij een overlap van			
			80	100	150	200 mM
21	0,75	6,80	7,20	7,25	7,40	7,55
22	0,62	5,65	6,—	6,05	6,15	6,30

Bij een dakhelling van 18° (1 : 3) neemt men een overlap van 100 mM
„ 15° (1 : 4) „ „ „ „ „ 150 „
„ 10° (1 : 6) „ „ „ „ „ 200 „

Gegalvaniseerde gegolfde platen voor dakbedekking zijn in den handel in lengten van 1,52, 1,83, 2,13, 2,44, 2,75, en 3,05 Meter met 10 golven van 3 Eng. dm. breed en ongeveer 3/4 dm. diep. De werkende breedte is 76 cM; de geheele breedte 81 cM.

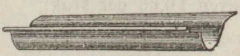
Gewicht per M² 1 mM dik ± 9½ KG
„ „ „ 0,8 „ „ ± 8 „
„ „ „ 0,6 „ „ ± 6½ „

Voor stationsoverkappingen worden zwaardere platen van 15—17 KG per M² gebezigd. Volgens ervaring is de levensduur van goed onderhouden geverfd gegolfd plaatijzer voor deze aan rook en stoom blootstaande kappen ongeveer 20 jaar, die van enkel met zink (gegalvaniseerde) hoogstens 10 jaar. Om het gegalvaniseerde ijzer meer duurzaam te maken, kan met het met dakpik bestrijken of ook met koolteer. Het doelmatigst blijft de gegolfde plaatzijeren bedekking, welke gedekt is met 2 menie- en 2 of 3 loodwitverflagen, waarvan de levensduur bij zorgvuldig onderhoud eenmaal om de 5 jaar tot ± 30 jaar kan bedragen.

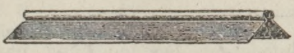
Door de Mij .tot Expl. v. S.S. werd per M² gegalv. plaatijzerbedekking zwaar ± 17 KG/M² met inbegrip van leggen, bevestigen, enz. betaald vóór den oorlog ongeveer f 3,30, het geverfde gegolfde plaatijzer ongeveer f 0,50 per M² meer. Het onderhoud van het laatste vorderde om de 5 jaren per M² ongeveer f 0,50.

Plastique door het Techn. Bureau Dubbelman in den handel gebracht, is een soepel bitumineus preparaat, bestaande uit plastische minerale bitumen met een sterk elastisch weefsel gewapend en meestal, ter binding der oppervlakte, één- of tweezijdig geschubd. Het wordt vervaardigd in rollen van 10 × 1 M; de banen worden zonder eenig bindmiddel of met de steekvlam of langs den kouden weg, gelascht. De prijs is f 3,50—f 4,50 per M² gelegd. De totale dekking weegt 2 KG per M².

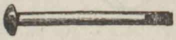
Bitum. Bitufilm-bekleedingen (met witte bovenlaag) worden toegepast ter verbetering van roestige kappen en ijzerconstructies. De kosten hiervan bedragen f 1,50—f 2,— per M²".



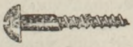
Gegalvaniseerd geslagen ijzeren dakgoten.
Wijd 6 Eng. duim, dik 1 mM lang 2 Meter
„ „ „ „ „ 1,3 „ „ 2 „



Nokstukken.
Lang 183 cM, dik 0,6 mM.



Gegalvaniseerde ijzeren rondkopspijkers.
Lang 1½, 1¾, 2, 2½ en 3 Eng. duim.



Gegalvaniseerde ijzeren rondkopschroeven.
1½", 1¾", 2", 2½" en 3".



Gegalvaniseerde klinknagels met plaatjes.
Klinknagels ½" × ³/₈" lang en langer.
Klinkplaatjes ¼" gat × ¾" middellijn.



Looden ringen,
¼″ gat en ¾″ middellijn.



Gegalv. Moerboutjes.
½ × 7/32 Eng. duim.
¾ × ¼ ,, ,,
1 × ¼ ,, ,,
1¼ × ¼ ,, ,,
1½ × ¼ ,, ,,

Dakramen en Lantaarns.

Gegalvaniseerde ijzeren dakramen. (Fig. 12.)

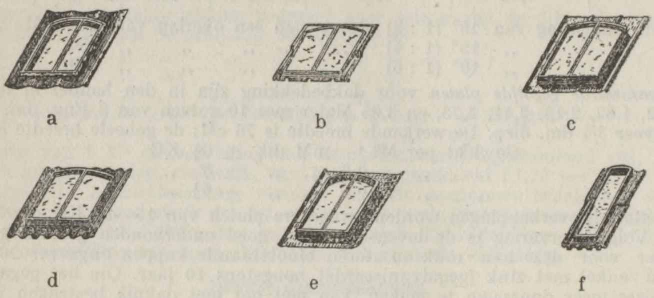


Fig. 12.

Prijzen vóór den oorlog:

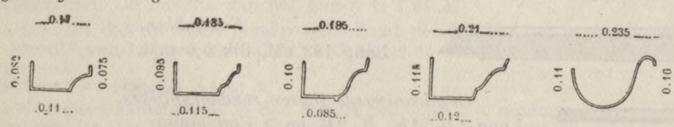
voor		2×1	2×2	2×3	3×3	4×2	4×3	4×4	5×4	pannen.
gewone pannen	(fig. a)	f 1,10	1,52	1,90	2,55	2,80	3,90	5,90	8,50	per stuk.
Echtsche ,, .	(,, b)	-—	1,65	1,90	2,95	2,90	3,80	5,90	—	,, ,,
platte . ,, .	(,, c)	- 1,05	1,45	1,80	2,65	2,65	3,75	—	—	,, ,,
gegolfde ,, .	(,, d)	- 1,15	1,60	1,95	2,80	—	—	—	—	,, ,,
rieten daken .	(,, e)	—	1,45	1,80	3,75	—	—	—	—	,, ,,
mulden pannen	(,, f)	—	2,—	2,75	—	—	—	—	—	,, ,,
Tuiles du Nord	. . .	—	1,85	2,15	3,05	4,—	—	—	—	,, ,,

Zinken dakramen in afmetingen van 0,45 × 0,55 tot 0,70 × 0,90 Meter, prijs per stuk f 5,— tot f 9,—.

Raam- en lantaarnroeden.
Zinken raamroeden: zinknummer 12—16.
Prijs (bij het zink f 0,25 per KG) van f 0,30 tot f 0,40 per Meter.
Zinken lantaarnroeden:
Prijs van f 0,60 tot f 1,20 per Meter. Zinken dopschroeven f 0,06 per stuk.

Goten, enz.

Gegoten ijzeren dakgoten.



Prijzen f 16,75 per 100 KG; passtukken voor idem f 18,25 per 100 KG.
Zinken goten, afvoerbuizen, enz. kosten per KG zink ongeveer f 0,40.

Trappen.

Litteratuur.

G. J. Morre. Trappenboek met 59 platen. 1884. Ykema, 's-Hage.
J. Voetberg. De trappenbouwer, met 40 platen, folio. 1906. A. Land Ezn., Harlingen.

Dr. W. H. Bese. Der Bau hölzerner Treppen.
Dr. Ing. C. Böttcher. Die Entwicklung des Wendeltreppenbaues.
F. Pande. Der Bau schmiedeisener Treppen. Lübeck-Coleman.

Verhouding tusschen *op- en aantrede*:

(1) $2\,h + b = 62$, waarin h = optrede, b = aantrede

geeft goede verhouding voor gemiddelde waarden, maar is in de grenzen foutief.

(2) Volgens *Joseph Sederl* (parabolische formule):

Optrede in cM	Aantrede in cM.		Optrede in cM	Aantrede in cM	
	paleizen	woonhuizen		paleizen	woonhuizen
10	49		14,5	35	34
10,5	47,5		15	32	32
11	46		15,5	30	30
11,5	45		16	28,4	29
12	43	40,5	16,5	26	27
12,5	41,5	39	17	23	25
13	40	38	17,5		23
13,5	38	36,5	18		20
14	36,5	35	18,5		16

Breedte van trappen:
per persoon heeft men gemiddeld 0,50 M breedte noodig. In 't algemeen bij huizenbouw:

binnenhoofdtrappen 1,00—1,20 M
gewone binnentrappen 0,80—1,00 ,,
dienst- en keldertrappen
(voor het dienstpersoneel) 0,75—0,90 ,,

De *bordeslengte* moet zijn een veelvoud van een stap + de breedte van één aantrede; alzoo

$$n \times (70 \text{ à } 80) + b \text{ cM}$$

Volgens bouwverordeningen:
Volgens verschillende bouwverordeningen is de minimum breedte van trappen in woningen:

voor benedenwoningen 0,65—0,90 M
,, boven ,, 0,85—1,10 M

terwijl minimummaten voor de aantrede en de optrede op 0,15 tot 0,23 M en 0,18 tot 0,20 M zijn voorgeschreven.

Amsterdam: Rechte steektrappen grootste helling 50°; wenteltrappen 45° bij maximum optrede van 20 cM. Trapbreedte voor toegang tot ten hoogste 3 woningen 80 cM; voor andere trappen 100 cM.

Rotterdam: minimum optrede 16 cM, maximum optrede 20 cM. Trapbreedte voor ten hoogste 4 woningen 75 cM en voor meer dan 4 woningen 90 cM.

's-Gravenhage: toegangen, trappen en portalen voor niet meer dan 4 woningen. Minimum aantrede 20 cM, maximum optrede 20 cM. Trapbreedte voor ten hoogste 2 gezinnen 85 cM, voor meerdere gezinnen 100 cM.

De kosten voor het maken van houten trappen kunnen naar het aantal treden worden berekend. Het arbeidsloon voor het maken en stellen van een *rechte steektrap* van vurenhout met grenenhout treden bedroeg vóór den oorlog per tree ongeveer f 0,60 tot f 1,20 naar gelang van de trapbreedte (0,80 tot 1,50 M). Met het hout kwam de prijs op 3 à 4 gld. per trede. Bij slingertrappen bedroeg het arbeidsloon per trede f 0,80 tot f 1,50. Trappen van eikenhout kostten aan arbeidsloon per trede ongeveer f 0,15 meer.

Zoogenaamde Engelsche trappen met balusters en leuningen kostten aan arbeidsloon voor het maken en stellen in eikenhout per trede ongeveer f 5,— à f 15,— naar gelang van de trapbreedte (1 tot 1,50 M) en de mindere of meerdere versiering.

Gegoten ijzeren wenteltrappen. In den handel verkrijgbaar met

straal van	$0{,}60^5$	$0{,}71^5$	$0{,}82^5$	Meter.
prijs per trede vóór den oorlog	7,85	8,30	8,95	Gulden.

Trapbalusters van gesmeed ijzer met gegoten ornament vóór den oorlog in den handel verkrijgbaar in prijzen van 15 tot 65 gulden per honderd stuks.

Deuren en deurkozijnen.

Opening van enkele deuren 3 : 7 tot 5 : 12.
,, ,, dubbele ,, 9 : 10 ,, 5 : 7 .

Afmetingen van het kozijnhout:

Normaal buitendeurkozijn heeft 1,12 × 0,15 M zware stijlen en dorpels, minimum 0,10 × 0,15 M. Bij dubbele deuren liefst zwaarder, normaal 0,15 × 0,17½ M en meer.

Binnendeurkozijnen minstens 0,08 × 0,12 M zwaar.

Roosterkozijnen bij muurdikten van meer dan 1½ steen.

Afmetingen van verschillende deuren:

Glasdeuren: 0,75 à 0,95 M breed en 2,00 à 2,25 M hoog.

Huisdeuren: 1,10 à 2,50 M breed en 2,30 à 3,00 M hoog; normaal 1,10 × 2,50 M.

Kastdeuren: binnenwerks 0,55 à 0,95 M breed en 2,00 à 2,50 M hoog.

Kamerdeuren: *a*) enkele deuren: binnenwerks 0,70 à f 0,90 breed en 2.00 à 2,30 M hoog. Normaal 0,90 × 2,20 M.

b) vleugeldeuren: binnenwerks 1,40 à 2,00 M breed en 2,50 à 3,00 M hoog.

Portes-brisées: binnenwerks 1,40 à 2,00 M breed en 2,50 à 3,00 M hoog. Diepte der portieken 40 tot 60 cM; schuinte 10 tot 15 cM.

Afmetingen van het regelwerk der deuren:

dikte 0,04 tot 0,055 M, breedte 0,12 à 0,18 M voor de stijlen en 0,14 à 0,26 M voor de dorpels en regels. Dikte der paneelen 0,02 à 0,03 M. Architraven en chambranles breed ongeveer 1/6 van de breedte van de deur en dik minstens 1,5 cM.

Prijzen van machinaal vervaardigde vurenhouten deuren:

Portes-brisées. Afmetingen van de gemaakte deuren 1,63 × 2,61½ tot 1,93 × 2,81½ M; dikte 1¾ en 2 duims (blijvend 39 en 44 mM). Diepten der portieken 40 tot 60 cM; schuinte 10 cM. Prijs der deuren f 30,— tot f 45,—, met inbegrip van stoffen en naalden.

Prijs der portieken f 15,— tot f 25,— per stel.

Kamerdeuren. a. Enkele deuren: Afmetingen van de gemaakte deuren 0,73 × 2,01½ tot 0,98 × 2,32½ M; dikte 7/4 en 2 duims (39 en 44 mM).

Prijs vóór den oorlog van tweepaneelsdeuren f 3,15 tot 3,60; driepaneels f 3,80 tot f 4,—; vierpaneels f 5,10 tot 5,20, nu f 13,— tot f 16,—.

Kastdeuren. Afmetingen van de gemaakte deuren 0,55 × 2,— tot 0,88 × 2,21½ M, dikte 32 mM. Prijs vóór den oorlog f 2,40 tot f 2,80 nu f 9,— tot f 10,50.

Glasdeuren. Afmetingen van de gemaakte deuren 0,73 × 2,11½ tot 0,93 × 2,21½ M, dikte 39 mM.

Prijs vóór den oorlog f 3,60 tot f 4,—, nu f 13,50 tot f 14,50.

Tuindeuren (openslaande). Afmetingen van de gemaakte deuren 1,25 × 2,11½ tot 1,35 × 2,30 M.

Prijs vóór den oorlog van f 7,— tot f 9,—, nu f 20,— tot f 24,—.

Deuren met inleg- of opleglijsten kosten 30% meer.

Deurkozijnen van vurenhout kostten vóór den oorlog geheel bewerkt per strekkenden meter in den omtrek gemeten bij een zwaarte van 10 × 10 cM ongeveer f 0,40
,, ,, ,, ,, 10 × 12⁵ ,, ,, - 0,50
,, ,, ,, ,, 10 × 15 ,, ,, - 0,60
,, ,, ,, ,, 10 × 17⁵ ,, ,, - 0,70
,, ,, ,, ,, 12⁵ × 17⁵ ,, ,, - 0,80

Grenen deurkozijnen ongeveer 20% meer.

Het arbeidsloon voor het maken en stellen bedroeg per strekkenden meter ongeveer f 0,20 à f 0,28 naar gelang van de zwaarte van het kozijnhout. Het afhangen en sluitend maken van deuren kostte ongeveer f 1,— aan arbeidsloon.

Vensters en lichtkozijnen.

Schuiframen kunnen breeder zijn dan draairamen. Draairamen worden uit één breedte genomen bij minder dan 60 cM breedte. Bij grootere breedte neemt men vleugelramen. Naar binnen openslaande vleugelramen zijn moeilijker waterdicht te maken.

De openingen van schuiframen hebben veelal een breedte van 1,10 tot 1,30 M bij een hoogte van 2,20 tot 2,80 Meter.

Afmetingen van het kozijnhout:

stijlen en dorpels 0,10 × 0,15 Meter tot 0,12 × 0,17½ Meter.

Afmetingen van het regelwerk:

schuiframen	normaal	0,08 × 0,045 M
	wisseldorpels	0,08 × 0,06 M
	onderregels	0,08 × 0,10 M
	glasroeden	0,045 × 0,045 M

Stolpramen (vleugelramen) van vurenhout met vast bovenlicht in de afmeting van 1,20 × 2,20 M kostten vóór den oorlog aan raamhout met bewerking ongeveer f 7,— Schuiframen in dezelfde afmeting ongeveer f 5,—.

Grenen kozijnen in bovengenoemde afmeting met steensponning kostten bij zwaarte

van 10 × 15 cM.	ongeveer	f 6,—
,, 12^5 × 17^5 ,,	,,	- 9,—
,, 15 × 20 ,,	,,	- 11,50

Het arbeidsloon voor het maken van gewone schuifkozijnen met koplatten, wel- en belegstukken en het inmaken van raamschijven en belegschroeven bedroeg per strekkenden Meter in den omtrek gemeten ongeveer f 0,70 à f 0,90 naar gelang van de zwaarte van het kozijn.

Gegoten ijzeren ramen. Ronde, halfronde, toog-, vierkante en kerkramen, vast op tuimelend vóór den oorlog f 16,— per 100 KG. Het monteeren van tuimelende ramen per stuk f 0,75, f 0,90, f 1,20 en hooger naar gelang van de grootte.

Vloer- en wandbekleedingen.

Bovenvloeren.

Asphaltvloeren worden gemaakt van stampasphalt, gietasphalt en asphalttegels (zie ook bestratingen). De prijs der eerste twee bedraagt f 3,— à f 4,— per M². *)

Stampasphaltvloeren van verhitten en gestampten gemalen asphaltkalksteen worden blijvend 2½ tot 4 cM dik en na vaststampen met een heet strijkijzer vlakgestreken. De vloer kan na een heelen of halven dag in gebruik worden genomen.

Gietasphaltvloeren bestaan uit asphaltmastiek met grintzand gemengd, veelal in de verhouding van 7 à 8 gew. deelen grintzand, 15 à 26 deelen mastiek en 1 deel goudron, naar gelang van den aard der grondstoffen en het klimaat.

Asphalttegels in afmetingen van 10 tot 25 cM vierkant en 2 à 5 cM dikte worden op het betonbed gelegd in cementmortel en aan de kanten met dun asphaltkit (10 dl. Trinidad épuré en 80 dl. paraffine) bestreken. De vloer mag minstens na 5 dagen in gebruik genomen worden.

Beton- of cementvloeren kunnen voor belastingen niet grooter dan 400 KG/M² en in dikten van ongeveer 8 cM op den gewonen ondergrond worden gelegd, nadat deze door zuiver zand of puin met zand over de bovenste 20 à 30 cM dikke laag is vervangen. Aanbeveling verdient den vloer te storten op een schoone vlijlaag van baksteen of een laag van magere betonspecie van b.v. 1 op 8. Het beton van den vloer zelf moet bestaan uit 1 dl. PC op 3 dl. zand en in geen geval vetter zijn.

Steenen granito- of terrazzo-vloeren worden gelegd op een onderlaag van magere of cement- betonspecie (1 cement op 8 dl. grintzand) of 1 cement op 3 à 4 dl scherp zand, dik in het eerste geval 8 à 10 cM of meer en in het tweede geval 2 à 6 cM, waarop een bovenlaag dik 2 à 4 cM van beste hydraulische kalkmortel of dik 1 à 2 cM enkel cement met toevoeging van dezelfde hoeveelheid steenmeel, waarin, vóórdat de specie verhard is, marmer- of granietstukjes worden gestrooid en daarna worden vastgewalst. De stukjes kunnen ook door de mortel worden gemengd. Na 3 à 4 dagen opstijven wordt de vloer geschuurd met zandsteen onder toevoeging van zand en water.

De prijs der vloeren bedraagt f 4,— à f 5,— per M². *)

Tegelvloeren. De tegelvloeren worden gelegd op een laag zuiver zand of wat beter is, op een vlakke laag gevlijde baksteenstukken, welke met zuiver zand worden ingeveegd. De tegels worden in den regel met cementspecie van 1 dl. cem. op 3 dl. zand gemetseld, ook wel in tras- of kalkspecie gelegd.

Wit marmeren tegels en platen legt men beter in mortelbed van vette kalk met gips of hydraulische mortel van Doorniksche kalk.

Parketvloeren samengesteld uit enkele plankjes van verschillenden vorm kunnen worden gelegd op ongeschaafde houten ondervloeren (mits horizontaal en goed vlak),

---

*) Vóór den oorlog.

gemetselde- en betonvloeren. In het eerste geval worden de plankjes verdekt genageld of geschroefd; op steenen vloeren met asphalt bevestigd.

De prijzen loopen zeer uiteen en bedragen voor eenvoudige eikenhouten parketvloeren f 5,— tot f 8,— per M² *) het leggen inbegrepen.

Hardgraniet- of houtgraniet-vloeren (sanitaire vloeren) hebben veelal een dikte van ± 12 mM en worden op hout en beton gelegd. Het houtgraniet bestaat uit fijn houtmeel, gebrande gemalen magnesiet, kleurstof en vulstoffen, innig vermengd en daarna met een chloormagnesium-oplossing tot een brij aangemaakt, welke scheikundig verstijft. De prijs per M² bij minstens 50 M² bedraagt f 3,70 tot f 4,50 *); banden en plinten per M f 0,50 à f 0,75. *)

Kurklinoleum dik 7 mM is verkrijgbaar in rollen van 25 × 2 Meter.
Prijs van 1e kwaliteit bruin naturel f 2,50 per M² *); andere kleuren f 2,75 per M². *)

Wandbekleeding.

Tegelbekleeding. De tegels worden gemetseld in schrale specie van 1 cement op 3 dl. zand op den vooral goed nat te houden ondergrond.

Geschilderde muren. De in kalk en zand afgeschuurde muren kunnen met olie- of koudwaterverf worden beschilderd. De met olie geverfde muren zijn in de meeste gevallen het deugdelijkst, maar vormen zeer licht condensatiewater; de met koudwaterverf behandelde muren zijn meer poreus.

Houtbekleeding wordt alleen op zeer droge muren aangebracht en anders na waterdicht afpleisteren der muren of door middel van waterdichte isoleerplaten (kurk-, asbest- e.a. platen).

Pergument wandbekleeding, in Holland vervaardigd, is geëmailleerd carton, in platen van 64 × 64 cM. Prijs glad f 1,70 per M., relief f 3,40 per M². *)
Voor plakspecie is te rekenen op 3 à 4 cts. *) per M² oppervlak en voor het zetloon op 30 cts. *) per M².

Voor specie wordt gebezigd:

1	KG	gekookte lijnolie,
0,05	,,	siccatief,
0,10	,,	standolie,
0,10	,,	goedkoope harde lak,
2½	,,	gewasschen krijt.

Tegels.

Vloertegels.

Quenast- Basaltine tegels:
Afmetingen 15 × 15 cM tot 30 × 30 cM (met en zonder groeven)
Prijs per M² f 1,65 à f 1,80. *)

Machinale, harde cementtegels:
Afmeting vierkante en zeskante 20 cM; randen breed 15 cM.
Mozaïektegels per M² f 1,20 (eenvoudige) tot f 2,45 (bijzondere).
Eenkleurige tegels per M² f 1,10—f 1,15. *)
Randen met hoekstukken f 0,55—f 0,85. *)
Hardgebakken tegels, met randafmeting 16 × 16 cM, prijs f 2,10—f 2,90 *) per M².
Gele trottoirtegels, afmeting 14,2 × 14,2 cM, prijs f 2,25—f 2,40 *) per M²; (zwart, rood en bruin f 0,50 per M² meer).
Groen, geel en bruin verglaasde vloertegels f 48 à f 50,— per 1000 *).
Fransche ceramiektegels, afmeting 15 × 15 cM. Prijs met inbegrip van rand f 4,25—f 4,60 *) per M².

Wandtegels.

Ged. verglaasde tegels,	afmeting	15 × 15 cM,	prijs per	100	stuks	f 14,— *)
,, ,, randen,	,,	15 × 7½ ,,	,, ,,	100	,,	- 9,— *)
,, ,, hoeken,	,,	7½ × 7½ ,,	,,	100	,,	- 6,— *)
Beschilderde tegels,	,,	13 × 13 ,,	,, ,,	100	,,	- 9,—f 12,— *)
,, randen,	,,		,, ,,	100	,,	- 9,—f 12,— *)
,, hoeken,	,,		,, ,,	100	,,	- 5,—f 7,— *)
Faiencetegels,	,,	15 × 15 ,,	,, ,,	100	,,	- 9,—f 30,— *)
,, ,,	,,	13 × 13 idem.				
,, ,,	,,	7½ × 7½ idem.				

*) Prijzen vóór den oorlog.

Hollandsche muurtegels 13 × 13 cM,
prijs wit 1ste soort per 1000 stuks f 42,— *)
,, ,, 4de soort ,, 1000 ,, - 25,—. *)
Wit verglaasde wandtegels, afmeting 15 × 15 cM, prijs per 100 stuks f 6,—f 8,— *)
Witte bloktegels, 18 × 12 cM, prijs per 100 stuks . . . . - 7,—f 8,— *)

Behangwerk.

Behangselpapier.

Het behangselpapier wordt verkocht in rollen van 8 Meter lengte en ongeveer 0,50 M breedte (Duitsche behangsels zijn soms 0,46 M. Engelsche 0,54 breed in rollen van ± 11 M lengte). De prijzen waren vóór den oorlog:

tweede laag . . . . per rol f 0,07[5]— f 0,20 *)
gewoon machinedruk op naturel papier in 2 of meer kleuren ,, ,, - 0,10 — - 0,50 *)
idem op gesatineerd papier . . . . ,, ,, - 0,45 — - 1,50 *)
ingrain papier, vernispapier (houtdruk, enz.) . . . . . . ,, ,, - 0,75 — - 2,— *)
reliëfpapier, namaaksels van lederen en geweven stoffen,
(reps, estampé, moiré, gauffré) mat . . . . ,, ,, - 0,75 — - 3,50 *)
gevernist (uni, cuir, enz.) . . . . , . ,, ,, - 1,25 — - 3,56 *)
Velouté (fluweelpapier), namaak Gobelin, leder enz., . . ,, ,, - 8,— — - 20,— *)
idem frappé (met verdiept patroon) . . . . ,, ,, - 2,— — - 4,— *)
lincrusta (met effen achterkant) van Fred. Walton, per Meter - 0,70 — - 1,— *)
Randen per rol f 0,10—f 1,50.

Voor gewoon behangselpapier betaalt men nu f 2.20 tot f 3.60 de rol.

Behangsellinnen (boezellinnen) wordt geweven uit vlas, hennep of jute. Het eerste is het beste.

Het z.g. Engelberger linnen is zuiver linnen, heeft een lengte van 52 M in rollen bij een breedte van 2,07 en 0,86 Meter. De prijs was ongeveer f 0,08 per M². Half jute en half linnen behangsel heeft men in rollen van 20 Meter lengte en ± 1,90 M breedte tegen den prijs van f 0,20 *) per Meter aan de rol.

Grond- of vloerpapier wordt verkocht in rollen en per boek van 24 vellen en kostte ongeveer f 0,10 per M².

Prijzen van behangwerk vóór den oorlog.

Een behanger plakte per dag gemiddeld 14 à 15 rol van 8 M lengte; bij zwaar werk minder, maximum 17 à 18 rol. Men kon in het algemeen rekenen voor het arbeidsloon van:

10 M² spannen van linnen . . . . f 0,60
,, plakken van grond- of overpapier direct op den muur . . . . . . - 0,45
,, plakken van grond- of overpapier direct op linnen . . . . - 0,60
,, overplakken met meubelpapier en randen . . . . - 0,75
En voor de totale kosten van:
,, behang op linnen (linnen 1e soort en papier van f 0,70 de rol met schroten) . . . . - 8,60
,, behang op muur (met berapen en papier van f 0,70 de rol) . . . . - 7,45
,, behang van meubelpapier van f 0,70 direct op den muur . . . . . - 4,—
,, ,, ,, grondpapier en meubelpapier direct op den muur . . - 5,—
,, ,, ,, linnen met grond- en meubelpapier van f 0,70 de rol) . - 6,50

Het plakken van extra fijne papiersoorten of in vakken moet duurder worden berekend. Voor verlies en verknippen moet men 15% meer aan papier of linnen rekenen.

De behangselschroten neemt men veelal 10 bij 2,8 cM zwaar, ter hoogte der stoelleuningen evenwel 20 bij 2,8 cM.

Om pleisterwerk te behangen moet men het eerst niet te vet oliën. Ook kan men kalkolith bezigen, hetwelk evenwel een onaangenamen reuk heeft. Voor het plaksel bezigt men algemeen roggebloem, dat men meer bindkracht geeft door er een zekere hoeveelheid Venetiaansche terpentijn aan toe te voegen.

*) Prijzen vóór den oorlog.

Bouwkundige onderdeelen.

Schoorsteenonderdeelen (prijzen vóór den oorlog).

Schoorsteenmantels.

Marmeren schoorsteenmantels.

Prijzen van prima zwart marmer van Dinant, fijn gepolijst vóór den oorlog:

eenvoudige	15—30 Gld.
meer bewerkte	30— 50 ,,
rijkere	50—100 ,,

Houten schoorsteenmantels kostten per stuk f 3,— tot f 8,—.

Schoorsteenschuiven

in lijst, afmetingen	33×22	43×22	33×16	22×21	43×33	33×33	cM
prijs	f 2,10	2,15	1,80	1,90	2,55	2,35	per stuk
met pootjes, afmetingen	12×15	14×18⁵	16⁵×22⁵	19×25	19×37	20×45	cM
prijs	f 0,40	0,52	0,60	0,65	0,92	1,20	per stuk

Schoorsteendeuren (gemonteerd)

afmetingen	19×27⁵	20×30	23⁵×34⁵	28⁵×48	24×40⁵	32×58	cM
prijs	f 1,30	1,45	1,70	2,—	1,77	2,16	per stuk

Roetpotten met deur, afmetingen	15×15	20×20	cM
prijs	f 1,40	1,90	per stuk

Nisbussen voor	10	11	12	13	14	15	cM pijp
ruw gegoten prijs	f 0,50	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	per stuk
geslagen en gegalvan. lang 12 cM prijs	f	0,29	0,31				

Schoorsteenpotten en kappen van aardewerk.

Verglaasd aarden schoorsteenpotten wijd 18—30 cM, prijs f 0,28 à f 0,85.
Daarop passende verglaasd aarden schoorsteenkappen hoog 18—24 cM, f 0,40 à f 0,60.

Rolluiken.

Houten (grenen) rolluiken met hoekverbindingen per venster ongeveer f 25,— Met veeren 10 % goedkooper. Stalen rolluiken per M² ± f 12,—.

Diverse ijzerwerken in het bouwvak.

Gaas- en vlechtwerk.

	Prijzen vóór den oorlog	Prijzen na den oorlog (1920)
Kopergaas per M²	f 4,50	
Tressengaas voor welpompen van vertind koper per M²	- 6,50	
Zwart ijzergaas per M²	- 1,30	tot f 1,60
Gegalvaniseerd ijzergaas per M²	- 0,08	,, - 0,11

Hang- en sluitwerk.

Scharnieren en hengsels (zie pag. 1011 en 1012.)

Bochtscharnieren enkele leden, per paar . . .	f 0,07	tot f 0,15
,, dubbele ,, ,, ,, . . .	- 0,17⁵	,, - 0,70
Klepscharnieren, stalen, per paar, van 1 tot 4 dm	- 0,03	,, - 1,10
,, gesmede ,, ,, ,, 1½ ,, 3 ,,	- 0,10	,, - 3,30
Behangscharnieren, per paar	- 0,12	,, - 0,15
Paumelles (stopfitsen) van 80 × 50 tot 160 × 80 mM, per paar	- 0,15	,, - 0,25
Zonneblindscharnieren met koperen ring, 8 × 2 dm, per stuk	- 0,50	
Opleggers (kruk- of staarthengsels) per paar . .	- 0,07	,, - 0,10
Scharnieren voor doordraaiende deuren (deurveerscharnieren) van 3½ tot 6 dm, per stuk met veer	- 1,50	,, - 2,70

Schuiven en grendels, (zie pag. 1012).

Inlaatschuiven, ijzeren, lang 1½ tot 3½ dm, prijs per stuk	f 0,06	,, - 0,12
Inlaatschuiven, koperen, lang 1 tot 5 dm, prijs per stuk	- 0,06	,, - 0,65
Kantschuiven, ijzeren, lang 6 tot 24 dm, prijs per stuk	- 0,15	,, - 0,60
Staartschuiven, Fransche met koperen knop, lang 30—50 cM, per stuk	- 0,30	,, - 0,50
,, gesmede, 60 tot 80 cM lang . .	- 0,75	,, - 0,85

	Prijzen vóór den oorlog	na den oorlog (1920)
Plaatgrendels, plaatgrootte 4—8 dm, verlakt, per stuk	- 0,06 ,, - 0,12	
,, zware, met bocht, 5 dm, ,, ,,	- 0,22[5]	
,, ,, stalgrendels, 8—12 dm, ,, ,,	- 0,70 ,, - 1,00	
Kruishengen van 4 tot 20 dm.	- 0,08 ,, - 0,60	
,, zware, per KG	- 0,32	
Duimhengen van 9 tot 26 dm . . . f 0,20 tot	- 1,10 per paar	
Staarthengen van 9 tot 12 dm . . . - 0,10 ,,	- 0,30 ,, ,,	
Kisthengen met bocht 4 tot 12 dm . - 0,12 ,,	- 0,30 ,, ,,	
Deurklinkstellen, per stuk	- 0,35 tot f 0,50	
Zwaluwstaarthouvasten, 1½ tot 3½ dm, per stuk	- 0,03 ,, - 0,07	
Veerhouvasten, 3 tot 12 dm, per stuk	- 0,03 ,, - 0,12	
Windwervels (gesmeed) 5 tot 8 dm, per stuk . .	- 0,12 ,, - 0,20	
Gesmede duimen, 1½ tot 8 dm, per 100 stuks .	- 0,75 ,, - 5,00	
Overvallen, kistovervallen, 4 tot 8 dm, per stuk .	- 0,05 ,, - 0,10	
Sloten en krukken. (Zie Pag. 1013.)		
Voordeursloten, per stuk	f 2,50 tot f 5,00	f 6,— tot f 8,—
Kamerdeursloten, ,, ,, ...	- 0,45 ,, - 1,25	- 2,— ,, - 3,—
Porte-briséesloten ,, ,, ...	- 1,00 tot - 1,50	
Grendelsloten, ,, ,, ...	- 0,25 ,, - 2,00	
Kastsloten, Hollandsche, inlatende of instekende, 2 tot 3 dm, per stuk	- 0,25 ,, - 0,27[5]	- 1,— tot - 1,50
Koperen dito, 1½ tot 2½ dm	- 0,20 ,, - 0,25	
Krukken, palmhouten, per paar	- 0,15 ,, - 0,20	
,, (hoorn en nikkel) per paar	- 1,15 ,, - 1,30	
,, (koperen)	- 0,90 ,, - 5,00	

Scharnieren, schuiven, grendels, sloten, krukken en diverse onderdeelen.
(van de N.V. v/h D. J. Enthoven & Zoon, Den Haag.)



Zwarte gerolde staarthengsels met en zonder bocht, verkrijgbaar in 6, 7, 8, 9, 10, 12″.





Extra zwaar kruishengsel dubbel gesmeed met verzonken gaten. Verkrijgbaar in 12, 14, 16, 20, 22, 24″.



Zwaar gesmeed deurhengsel.



Gesmede oplegger met lossen bout en spijkergaten in nos. 2, 3, 4, 5, 6.



Gesmede oplegger met lossen bout en schroefgaten in nos. 2, 3, 4, 5, 6.



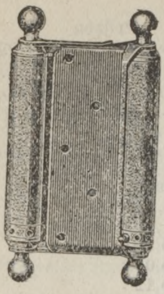
Lessenaarscharnier in nos. 0, 1, 2, 3, 4, 5 en 6.



Gesmeed plat behangselscharnier in afmetingen 120 × 30, 140 × 30, 160 × 40, 180×45, 200×50 mM. enz.

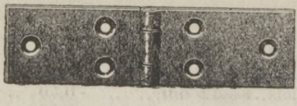


Gesmeed hol behangselscharnier in dito afmetingen.

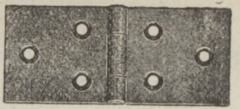


Dubbelwerkend deurveerscharnier ,,Bommer"

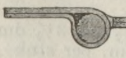
no.	29	30	33	36
	3″	4″	5″	6″



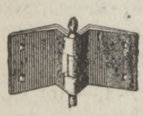
Lintscharnier (tafelscharnier) lengte opengeslagen 2, 2½, 3, 3½, 4″.



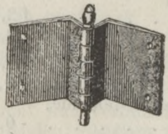
Klepscharnier (zwart) 1¼, 1½, 1¾ en 2 Eng. dm.



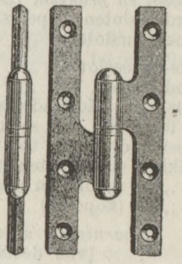
Kraalfits. Blanke knoop 15 mM, vijf leden: 2½, 2¾, 3, 3¼, 3½, 3¾ Fransche duim.



Bochtscharnier. Gesmeed met lossen bout, enkel lid, no. 3/0, 2/0, 0,1, 2, 3.



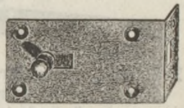
Bochtscharnier met lossen bout, dubbel lid, no. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, en 12. Bochtknieren D L° 4 met 3, 4 en 5 cM, extra bocht.



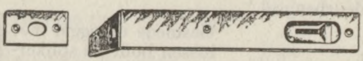
Zware gesmede Fransche paumelles façon Picardië, v. 110 × 60 tot 250 × 100 mM.



Hefboom-Espagnolet ,,Triomf". De dekplaat en achterplaat geslepen. Rozetten afgedraaid.
Afwerking 9½ mM, □ losse stangen.
,, 10¼ mM. □ ,, ,,
Stangenlengte 1,50 en 2,25 M.



Zware ijzeren inlaatschuif, met schroefgaten,
lang 2, 2½, 3, 3½, 4, 4½ 5, 5½, 6″
br. 1½, 1¾, 2, 2¼, 2½, 2¾, 3, 3¼, 3½″.



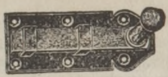
Intastende ijzeren deurkantschuif breedte der plaat 1″ of 1⅛. Grendel 10 mM ϕ. In lengten van 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48″.



Gesmede staartschuif, platte blanke grendel, verlakte plaat,
stangdikte 6 mM, grendel 13 × 5 mM.
,, 8 ,, ,, 22 × 8½ ,,



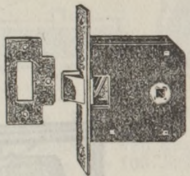
Deurschuif in lengten van 100, 120, 140 160, 180 en 200 mM.



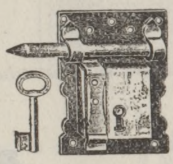
Zwarte gesmede, gelakte, opspijkerende schuif met en zonder bocht. Blanke grendel, afgeslepen kanten en verzonken gaten. In lengten van 10, 22, 14, 16, 18 en 20 cM.



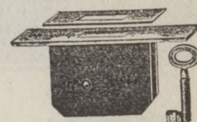
Krukschuifje zwart gelakt met veer met koperen krukje, breed 20, 25, 30, 35, 40 en 47 mM.



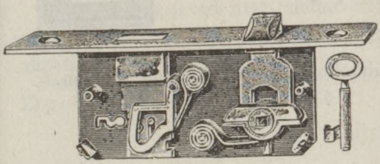
Loopslot.



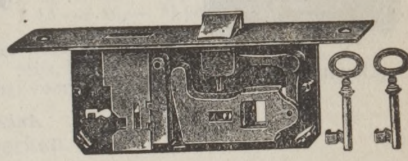
Grendelslot dag en nacht met 2 kruispijpsleutels.



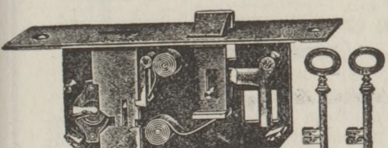
Zwart insteek kastslot met dunne kast en sluitplaat, 2 × nachts, 1 bonte sleutel in breedte van 2½ en 3″.



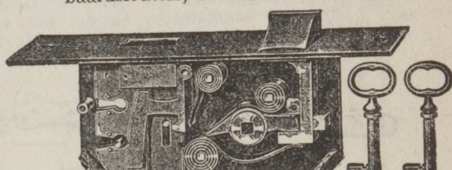
Zwart Holl. Kamerdeurslot met sluitplaat met bonte dopsleutel in breedte van 3 en 3½″.



Instekend klinkslot met contragewicht, dus zonder veer werkend, met ijzeren voor- en sluitplaat, koperen dagschoot met 2 bonte baardsleutels, doornmaat 50 × 65 mM.



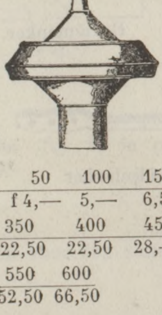
Instekend klinkslot met veer werkend.



Zwaar instekend met ijzeren voor- en sluitplaat, ijzeren schoten en 2 gesmede stalen sleutels met binnendek, 1 × nachts. Geheele breedte 100 en 110 mM. Krukafstand 60 en 70 mM.

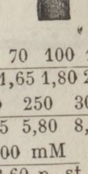
Diverse ijzeren onderdeelen.

Schoorsteenkappen.



Gegalvaniseerde schoorsteenkappen model „Hasselman”

Diameter buis		50	100	150	200
		f 4,—	5,—	6,50	9,—
250	300	350	400	450	500
f 12,50	17,—	22,50	22,50	28,—	34,50
		550	600		
		52,50	66,50		



Zinken Wolphertsche luchtkappen

Diam. buis	50	60	70	100	125 mM
	f 0,98	1,40	1,65	1,80	2,10 p. st.
Diam. buis	150	200	250	300	mM
	f 2,80	4,35	5,80	8,40	p. st.
	3,50	400 mM			
	11,70	13,60 p. st.			

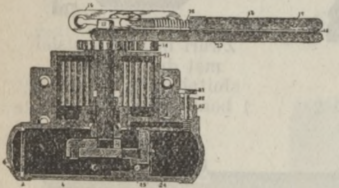
John's schoorsteenkappen van gegalvaniseerd ijzer voor ronde schoorsteenen

diameter buis	8	10	12	15	20	25	30	40	50	cM
prijs v. d. oorlog	f 1,80	2,30	2,52	2,90	4,10	5,47	7,20	10,75	14,90	per stuk.

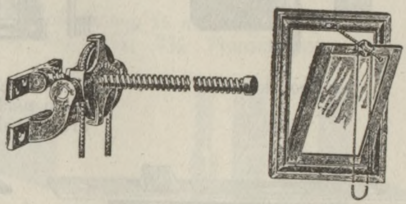
Topf's draaibare *schoorsteenkappen:* voor ronde en vierkante schoorsteenen van

5	cM wijdte	prijs (vóór den oorlog)	f	1,50
10	,, ,,	,,	-	6,—
15	,, ,,	,,	-	9,—
20	,, ,,	,,	-	12,—
25	,, ,,	,,	-	15,—

Deurdrangers en venstersluitingen.

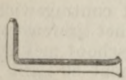


,,Clount's" Deurdrangers doorsnede.

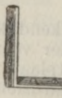


Tuimelraamopener systeem Preston.

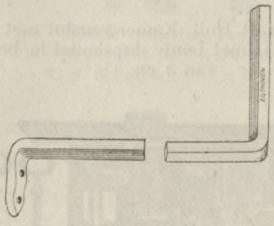
Ankers.



Plintanker.



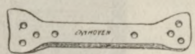
Neusijzer.



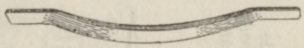
Trekanker.



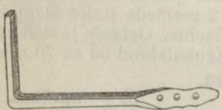
Neusijzer.



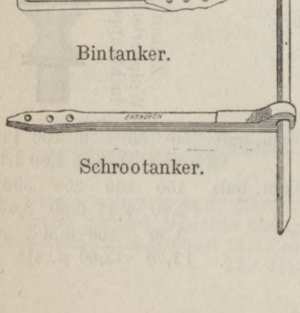
Koppelplaat.



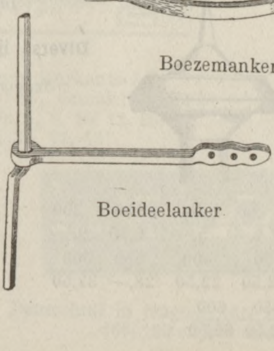
Boezemanker.



Bintanker.



Schrootanker.



Boeideelanker

Roosters, paneelen en hekken.

IJzeren roosters (in den handel voorkomend):
Muisdichte (fig. 1 en 2) prijs f 17,60 à f 18,10 *) per 100 KG.
Rooster voor verwarmingsgeleidingen (fig. 3) f 15,70 *) per 100 KG.
Gewone stoep- en kelderroosters (fig. 4) f 18,10 *) per 100 KG.

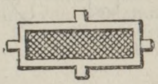


Fig. 1.



Fig. 2.

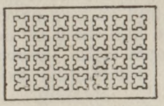


Fig. 3.

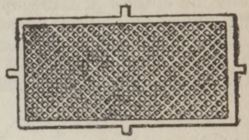


Fig. 4.

Deurpaneelen van gegoten ijzer, in den handel voorkomend:
prijs per 100 KG . . . . f 30,—f 32,—. *)

Deur- en balkonhekken van gegoten ijzer, in den handel voorkomend:
prijs per 100 KG . . . . f 32,—f 35,—. *)

Ankerrosetten van gegoten ijzer prijs . f 13,—f 14,— *) per 100 KG
idem van gesmeed ijzer (sierankers) f 15,—f 16,— *) per 100 KG.

Luchtroosters van gegoten ijzer, systeem ,,Louvre'' zonder plaatijzeren kleppen: afmetingen van 8 × 23 tot 31 cM . . prijs f 0,30 tot f 1,05 *) per stuk.
Staalplaatjaloeziekleppen (Amerikaansche) voor openingen van 6 × 6 tot 41 × 20 Eng. dm; prijs f 5,— tot f 27,50. *)

Lijstwerken.

De opgaven gelden voor vurenhout; voor grenenhout is de prijs ongeveer 15 % hooger.

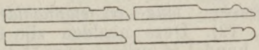


Fig. 5.

Platstukken. (fig. 5). De eenvoudige profielen zijn in den handel verkrijgbaar in prijzen van 20 tot 25 cent per Meter.

Koplatten (fig. 6) met en zonder sponning. De eenvoudige profielen zijn in den handel verkrijgbaar in prijzen van 15 à 20 cent per Meter.

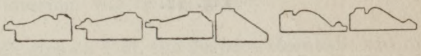


Fig. 6.

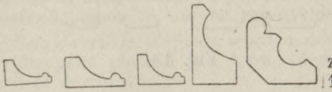


Fig. 7.

Hollatten (fig. 7). De eenvoudige profielen zijn in den handel verkrijgbaar in prijzen van 13 à 16 cent per Meter

Buiklijsten (fig. 8) in prijzen van 16 à 18 cent per Meter verkrijgbaar.

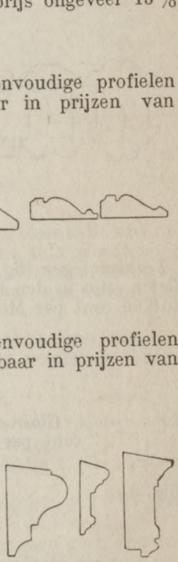


Fig. 8.

*) Prijzen vóór den oorlog.

Neuslijsten (fig. 9) in den handel verkrijgbaar in prijzen van 28 tot 60 cent per Meter.

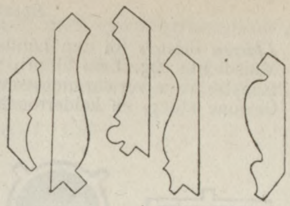


Fig. 9.

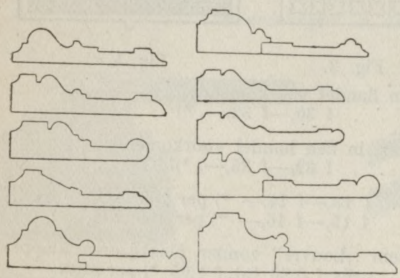


Fig. 10.

Architraven (fig. 10.) De eenvoudigste profielen zijn in den handel verkrijgbaar in prijzen van 23 tot 34 cent per Meter.

Inschuiflijsten (fig. 11): prijs 20 tot 30 cent per Meter.

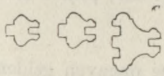


Fig. 11.

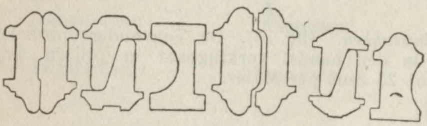


Fig. 12.

Brisée-, tong- en stopnaalden (fig. 12). Deze naalden zijn in den handel in prijzen van 45 tot 100 cent per Meter.

Trapleuningen (fig. 13). De eenvoudige profielen zijn in den handel in prijzen van 40 tot 60 cent per Meter.

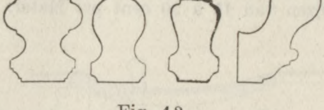
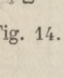


Fig. 13.



Glasroeden (fig. 14) in den handel verkrijgbaar in prijzen van 25 tot 30 cent per Meter.

Fig. 14.

Stukadoorswerk.

Gietwerk in gips.

1 Liter (= 1 KG) gips levert met 0,5 L water 0,87 L verharde specie. Bij den prijs van f 1,50 HL gips kost het gietwerk 1 cent per KG.

Stuckwerk.

Het zoogenaamde stuck heeft het voordeel boven gips, dat het harder, glanzender en beter te verzenden is.

Het *aluingips* (Keene-cement Robinson's cement, enz.) wordt vervaardigd door stucadoorsgips te laten verharden met een aluinoplossing van 1 dl. aluin op 12 tot 13 dl. water. Het wordt daarna tot gloeihitte gebrand en fijngemalen, waarna het vóór het gebruik met water wordt aangelengd. Men strooit daarbij het poeder in het water, waaraan men voor de goede werking gom en lijm kan toevoegen in de verhouding van 100 gram Arabische gom en 10 gram lijm op 10 L water.

Een ander soort cement (*marmercement*) krijgt men door droge vermenging van

100 vol. deelen marmerstof
10—25 ,, ,, glasstof
5—10 ,, ,, gezeefde kalk.

Daaraan wordt zooveel waterglasoplossing toegevoegd, tot een gietbare brij ontstaat.

Eigenlijk *hardstuck* krijgt men uit 75—80 vol. dl. geslibd krijt en 2 vol. dl. hars of colophonium, welk mengsel met 4 dl. glycerine en 20 dl. lijm in lijnolievernis wordt gebracht en daarna geheel op het waterbad gekookt.

Plafondwerk.

Specie voor de plafondgrondlaag.

2 dl. gips, 1 dl. meelkalk, 2 dl. zand en 1,7 dl. water, gevend 3,8 dl. verharde specie
of 1 ,, ,, 1 ,, ,, 2 ,, ,, ,, 1,2 ,, ,, ,, 2,9 ,, ,, ,,

Per M² plafond zijn daarvan benoodigd 15—17 Liter.

Goedkoopere, algemeen bruikbare specie is:

1 dl. gips, 5 dl. kalk en 10 dl. zand of 1 dl. kalk en 4 dl. zand.

Specie voor de afpleistering (opperlaag):

1 dl. gips, 1,2 dl. stuifkalk en 1 dl. water, gevende 1,73 dl. verharde specie.

Per M² plafond is noodig 1,4—1,5 L specie.

Kosten van plafondwerk vóór den oorlog:

Voor 10 M² plafond zijn noodig:

1 bos riet	f 0,50
0,2 KG koperdraad en spijkertjes	- 0,30
1,6 HL grondlaag à f 0,90	- 1,44
1,5 HL opperlaag van gips en stuifkalk à f 1,80	- 2,70
Arbeidsloon (stukadoor f 0,23 en opperman f 0,17 per uur) 10 uren	- 4,00
Samen	f 8,94

of per M² ± f 0,90 (met winst van den baas ± f 1,10 per M²)

Kosten van beracheling f 0,70 per M².

1 M² herstellen van plafond zonder levering van riet ± f 0,60.

Beschilderde plafonds.

Een opperlaag pleisterspecie van 1 dl. gips en 2 dl. fijn gegoten steenkalk kan tamelijk spoedig na gereedkomen geschilderd worden. In plaats van kalk wordt voor het te schilderen stukadoorswerk ook wel eens pijpaarde gebezigd en de mortel met lijmwater aangemaakt. Bij gebruik van Robinson's brandvrij pleistercement kan het plafond binnen 24 uur na gereedkomen worden gegrondverfd.

Geluidwerende plafonds worden doelmatig gemaakt door het aanbrengen van een vrijhangend plafond van kurk- of asbestplaten, waarop een laag zeegras, slakkenwol of dergelijke.

Witwerk.

Voor witkalk gebruikt men het best Doorniksche waterkalk 3e soort. Men maakt niet meer witkalk gereed, dan achter elkaar kan worden opgestreken.

1 M² eenmaal witten zonder lijm: ± f 0,02⁵ (per 100 M² zijn noodig 1 HL kalk en ± 5 uren van een stukadoor en opperman).

1 M² tweemaal witten met kalkwater gemengd met lijm en kleurstof: ± f 0,05 (per 100 M² zijn noodig 10 uren van een stukadoor en opperman).

Om het te snelle inzuigen van het kalkwater te voorkomen, doet men goed den ondergrond goed te bevochtigen met water, waarin een flinke hoeveelheid aluin is opgelost en daarna met puimsteen af te schuren. Het gebruik van oliën als toevoeging aan de witkalk vermindert haar witte kleur.

Glas.

Het glas wordt gevormd door samensmelting van kwartszand met alkaliën (als smeltmiddel) en metaaloxyden (voor weervastheid en kleur) en bestaat in hoofdzaak uit kiezelzure zouten. Voor de gewone glassoorten bezigt men als alkaliën veelal soda of potasch. De eerste is krachtiger smeltmiddel en wordt veelal in den vorm van glauberzout of natriumsulfaat toegevoegd. Potasch wordt in den vorm van kaliumcarbonaat gebezigd, indien men hoogglanzend hard glas verlangt (kristalglas, enz.). De samenstelling der mengsels voor de fabricage van gewoon glas (venster- en spiegelglas) is ongeveer als volgt:

wit zand	100	dln.
natriumcarbonaat of sulfaat . . .	35—40	,,
kalksteen (krijt).	25—37	,,
kool (cokes)	1,5—3	,,
bruinsteen (mangaansuperoxyde)	± 0,5	,,

Het glas onderscheidt men in *geblazen* en *gegoten* glas en naar de dikte in

enkel dik glas met een dikte van 1½—2 mM.
dubbel ,, ,, ,, ,, ,, ,, 2½—4 ,,

Voor beglazing kieze men liefst glas van dubbele dikte.

De fabrieksmaten worden veelal uitgedrukt in Rijnlandsche duimen, het Fransche glas in Fransche duimen van 27,07 mM. Het glas wordt daarbij verpakt in kisten van 100, 200 of 300 vierkante Fransche voeten (10,55, 21,5 of 31,5 M²). Bij de opgave van de maat wordt ook wel de som van hoogte en breedte van de glasruit in cM opgegeven als ,,vereenigde Fr. duimen" of ,,vereenigde cM".

Geblazen glas.

Groen broeiglas, fabrieksmaat 11 × 9 tot 24 × 22 Rijnlandsche duimen of 30 × 24 tot 65 × 59 cM. Prijs per kist van 145 tot 55 ruiten f 25,— of per M² van f 2,40 tot f 5,50.

Vensterglas.

Het vensterglas is hoofdzakelijk geblazen cylinderglas en wordt onderscheiden in wit en halfwit glas; het gewone vensterglas heet ook tafelglas. Het vensterglas wordt ook mat gemaakt door inwerking van kiezel-fluoorwaterstof of met den zandstraal.

Enkele dikte: fabrieksmaat 10 × 8 tot 50 × 35 Rijnl. duimen of 27 × 21 tot 135 × 95 cM.

Prijzen van enkel dik vensterglas 2e soort van de fabriek te Maassluis (1919) in maten van:

Vereen. Fr. duimen	Vereen. cM	Prijs
0—25	0—67	f 2,90 per M²
26—40	68—108	- 3,15 ,, ,,
41—50	109—135	- 3,40 ,, ,,
51—60	136—162	- 3,65 ,, ,,
61—70	163—189	- 3,85 ,, ,,
71—80	190—216	- 4,10 ,, ,,
81—85	217—229	- 4,35 ,, ,,
86—90	230—243	- 4,60 ,, ,,

Courante maten van 78 × 57 tot 62 × 51 cM per kist van 47 tot 66 ruiten van af f 40 (3e soort) per kist.

Matglas is 30% duurder dan het gewone glas.

Dubbele dikte: fabrieksmaat 22 × 16 tot 65 × 45 Rijnl. duimen of 59 × 43 tot 176 × 122 cM. De prijs is 50% hooger dan enkel dik

Kristalglas is helderder dan vensterglas en is, doordat het met lood gemengd is, gemakkelijk smeltbaar.

Mousseline glas is gewoon wit vensterglas met matte figuren bedekt. Het enkele glas heeft slechts aan één kant de matte figuren. Het matte mousseline glas is aan den anderen kant mat geslepen.

Prijs per M² f 7,—; mat mousseline f 8,50 per M²; geribd mousseline eveneens f 8,50 per M².

Gekleurd glas verkrijgt men door toevoeging van verschillende metaaloxyden. Het is massief of opgelegd gekleurd; het laatste is steeds bij het roode glas gebruikelijk.

Prijs per M² rood en groen glas . . . . f 10,00
,, ,, ,, blauw, geel en violet glas . - 5,00

Melkglas per M² f 8,00.

Gecanneleerd glas (voorzien van holle vormen), voor verlichting zonder inkijken, wordt gebruikt voor deurpaneelen, enz. Prijs per M² f 2,50 à f 3,00. (1912)

Geribd vensterglas 3 à 6 mM dik. Engelsch geribd glas dik 6 mM 141 × 73 cM per blad f 5,25.

Gekleurd bedrukt vensterglas per M² f 5,00. (1912)

Cathedraalglas in alle tinten per M² f 6,00.

Gegoten glas.

Bruut spiegelglas (voor dak- en kelderlichten, vloerplaten, enz.).

Prijs (1912) per M² dik 10 à 12 mM f 4,00
,, ,, ,, ,, ,, 12 à 15 ,, - 5,50.
,, ,, ,, ,, ,, 15 à 20 ,, - 7,50.
,, ,, ,, ,, ,, 20 à 25 ,, - 8,00.

Gepolijst spiegelglas (gewoon spiegelglas):

Het normale spiegelglas is 6 à 8 mM dik en wordt verkocht als:

1. Blank spiegelglas zonder geslepen rand.
2. ,, ,, met ,, ,,
3. Verzilverd spiegelglas zonder geslepen rand.
4. ,, ,, met ,, ,,

Prima qualiteiten kosten 10 à 20% meer.

Spiegelglas met geslepen randen heeft men met gewoon, rond, plat- en deurplaatfacet. Bijzondere vormen kosten meer.

Het blank spiegelglas dik 6 à 9 mM wordt geleverd tot een afmeting van 177 × 285 cM; het spiegelglas voor winkelpuien in grootere afmetingen. De prijs per M² neemt met de afmetingen toe; hij bedroeg voor het puispiegelglas voor een oppervlak (1912):

tot 2 M² ongeveer . . . f 9,40 per M²
2—3 ,, ,, . . . - 9,65 ,, ,,
3—4 ,, ,, . . . - 10,— ,, ,,
4—5 ,, ,, . . . - 10,10 ,, ,,
5—6 ,, ,, . . . - 10,25 ,, ,,
6—7 ,, ,, . . . - 10,50 ,, ,,

Prijzen (1912) per M² van blank spiegelglas dik 6 à 8 mM zonder geslepen rand f 6,— f 10,— Prijzen (1912) per M² van verzilverd spiegelglas dik 6 à 8 mM f 8,25 f 12,50.

Gebogen spiegelglas dik 6 à 8 mM kost per M² ongeveer f 26 à f 30.

Divers glas en glazen voorwerpen.

Geëtst spiegel- en vensterglas:

De prijs van het etsen bedraagt in drie tinten: f 13 à f 16
In twee tinten , ... f 1,— per M² minder.
,, één tint . . . . - 2,— ,, ,, ,,

Glas in koperen roeden gevat (geslepen spiegelglas of gekleurd glas).
Prijs per M² ± . . . . f 30.

Gekleurd glas in lood per M² f 10 tot 30,—, gewoonlijk f 10 à f 20.

Geschilderd en gebrand glas in lood gevat (vitraux-Freiberg).
De prijs hangt van de voorstelling af, gemiddeld f 60 per M².

Zwart marmerglas per M² . . . . . f 30.
Wit of gekleurd marmerglas per M² f 35.

Triplexglas of gedoubleerd glas is spiegelglas, bestaande uit twee dunne op elkaar gekitte platen met laagje gelatine of celluloid daartusschen.

Deurplaten:

Afmetingen 21 × 5 tot 60 × 10 cM. Prijs (1912) f 0,30 tot f 1,15.
Vergulde schroefjes per stuk . . . - 0,05.
Glazen ,, ,, ,, . . . - 0.05.
Sleutelgaten . . . . - 0,40 tot f 0,50.

Glazen dakpannen.

Enkele dikte per stuk, prijs (1912) . . . f 0,15.
1½ ,, ,, ... - 0,16
Dubbele ,, ,, ... - 0,19

Het ruiten zetten.

Bij het ruiten zetten moet men het volgende in acht nemen:

De sponning moet vooraf bestreken worden met schrale loodwitverf. Nadat deze goed droog is, wordt de ruit ingeplaatst en vastgezet met driehoekige blikjes. Nieuwe

ruiten worden over het gestopte strookje eveneens met schrale loodwitverf bestreken, welke eerst droog moet zijn. Bij bestaande ruiten is men genoodzaakt direct te stoppen, hetgeen geschiedt met lenige sropverf, bereid uit krijtwit met gekookte en rauwe lijnolie. Met het schilderen van den stopverfzoom moet een paar weken gewacht worden.

Speciale fabrikaten.

Aqualite, door het Techn. Bureau Dubbelman in den handel gebracht, wordt gebruikt voor het afdichten van tunnels en kelders en wering van opstijging van vocht in muren in plaats van het trasraam. Het wordt vervaardigd in rollen van 6½ × 1 M. en in dikte van 3—5 mM. Het is een bitumineus preparaat, bestaande uit plastische minerale bitumen met één of twee lagen van een sterk elastisch weefsel gewapend.

Asbestcement.

Asbestcementplaten (eternit) voor plafonds, lambriseeringen, ijskasten, enz. in afmetingen van 250 × 120 cM, dik 4 à 5 tot 10 mM
en ,, 120 × 120 ,, ,, 4 à 5 mM.

Gewicht der platen 8 tot 12 KG per M²; buigvastheid ± 1000 KG per cM².

Prijs (1920) per M² bij dikte van 4 mM f 2,25.
,, ,, ,, 5 ,, - 2,40.
,, ,, ,, 6 ,, - 2,75
,, ,, ,, 7 ,, - 3,25.
,, ,, ,, 8 ,, - 3,75.
,, ,, ,, 10 ,, - 5,—.

Roode platen 10 % duurder.

Ringen uit asbestplaten gesneden van 100—500 mM middellijn en 2—6 mM dikte, per KG f 1,30—f 1,50. *)

Idem van 50 100 mM uitw. middellijn f 1,90—f 2,—. *)

Asbestdraden (gevlochten pakking) per KG f 2,10—f 2,30. *)

Asbestcementleien vierkant, in maten van 60×60, tot 15×15 of 20×40 en 15×30 cM

Prijzen per 100 stuks (1920):

	grijs	rood
60 × 60	f 81,—	f 89,—.
40 + 40	- 36,—	- 40,—.
30 × 30	- 20,—	- 22,50.
20 × 20	- 9,50	- 10,—.
15 × 15	- 5,50	- 6,—.

Asphaltpapieren (voor dakbedekking, enz.):

asphaltpapier, extra dik, wegende	60—65 KG per rol van	15 × 1 M²,	f 7,—	per rol
,, ,,	40—45 ,, ,, ,, ,,	15 × 1 ,,	- 5,20	,, ,,
,, ,,	30—35 ,, ,, ,, ,,	15 × 1 ,,	- 4,—	,, ,,
lederpapier, ,, ,,	38—43 ,, ,, ,, ,,	15 × 1 ,,	- 3,— *)	,, ,,
,, ,,	28—33 ,, ,, ,, ,,	15 × 1 ,,	- 2,25	,, ,,
,, ,,	18—23 ,, ,, ,, ,,	15 × 1 ,,	- 1,65	,, ,,

onderlaagpapier per rol ± 35 KG, f 0,14 *) per KG.
houtcementpapier f 0,18 *) per KG.

Houtcement in fusten van ± 250 KG bruto, voor netto f 13,— per 100 KG.
Cement-mastiek idem.

Bims-cementplaten voor scheidingsmuren in maten van 100 × 33⅓ cM².

Prijs (1920) per M² per 10 ton franco station dik 4 cM f 1,30.
,, 5 ,, - 1,50.
,, 6 ,, - 1,70.

Brücknerplaten voor scheidingsmuren in afmetingen van 100 × 25 × 7 en 10 cM; 100 × 30 × 10; 50 × 75 en 50 × 66 6,2 cM. Prijs per M² bij 6,2 cM dikte f 1,15, bij 7 cM dikte f 1,45 en bij 10 cM dikte f 1,65. *)

Cocolithgipsplaten (brandvrije) in dikten van 1½ tot 7 cM en breedten van 50 tot 30 cM bij een lengte van 160 tot 200 cM.

Cocosgipsplaten voor plafonds in gebruikelijke maten van:

160 × 62½ × 2 cM prijs per M² f 0.70 *)
200 × 50 × 2 ,, ,, ,, ,, - 0,70
200 × 33⅓ × 2 ,, ,, ,, ,, - 0,70
200 × 33⅓ × 3 ,, ,, ,, ,, - 1,—
200 × 25 × 3 ,, ,, ,, ,, - 1,—

*) Prijzen vóór den oorlog.

voor scheidingsmuren in maten van:

200 × 33¹/₃, 4, 5 en 7 cM dik, prijs per M² f 1,10, f 1,25 en f 1,45. *)
200 × 25 4, 5 en 7 „ „ idem - 2,40, f 2,90 en f 3,50. *)

Gipsplaten (holle, Belgische) in afmetingen van:

60 × 40 × 6,5 cM, prijs per M² f 1,10. *)
60 × 40 × 7,5 „ „ „ „ - 1,40. *)

Houtwolplaten „systeem Cantillana" worden voor scheidingsmuren gebruikt in de afmetingen 100 × 33 × 4,5 en 7 dik, en voor plafonds in maten van 130 × 50, 100 × 50, 160 × 33¹/₃, 160 × 40, 160 × 50, 160 × 62½, 200 × 30 en 200 × 33¹/₃ cM en 2 cM dik. Bij 3 cM dikte zijn de afmetingen 160 × 62½, 160 × 50, 130 × 50 cM.

Isoleerplaten voor muren en gewelven ± f 1,50 per M². *)

Jutetouw (geteerd) voor het verbinden van aarden buizen, lang 8 à 9 Meter, prijs f 0,39 à f 0,40 per Meter.*)

Kurkplaten voor scheidingsmuren, plafonds, bekleeding ijs- en koelkamers, demping van geluid, enz. enz.; in maten van:

100 × 50 × 2, 3, 4, 5, 6 en 7 cM dik courant en bij grootere dikte op bestelling.

Prijzen per M²: 2 cM dik f 1,15 *)
3 „ „ - 1,30 *)
4 „ „ - 1,65 *)
5 „ „ - 1,95 *)
6 „ „ - 2,25 *)
7 „ „ - 2,35 *)

Kurksteenen in afmetingen van:

22 × 11 × 6 cM
22 × 15 × 6 „
30 × 15 × 6 „

Rietplanken in gewone lengten van 3 Meter bij een breedte van 0,20 M in dikten van 2,5 tot 10 cM.

Prijs per M² bij een dikte van 2,5 cM f 0,75 *)
„ „ „ „ „ „ „ 3 „ - 0,85 *)
„ „ „ „ „ „ „ 4 „ - 1,10 *)
„ „ „ „ „ „ „ 5 „ - 1,40 *)
„ „ „ „ „ „ „ 7 „ - 1,70 *)
„ „ „ „ „ „ „ 10 „ - 2,10 *)

Mortels en Metselwerk.

Litteratuur.

Prof. J. A. van der Kloes. Onze bouwmaterialen. Mortels en beton.
„ „ „ Handleiding voor den metselaar. Brill Leiden.
P. A. Schroot. De Materialen, enz. voor het metselvak. f 0,90. Æ. E. Kluwer, Deventer.
P. J. van der Wallen. Een en ander over de verweering van metselwerk. „De Ingenieur" 1915 nr. 23, bldz. 478.
Burchartz. Luftkalke und Luftkalkmörtel. Berlin. 1908 Mitteilungen d. Int. Verbands für die Materialprüfungen der Technik.
Büssing & Schumann. Der Portlandzement.
F. Tannhäuser. Bautechnische Gesteinsuntersuchungen 1911.
M. de Wolff. Roode cement en Moeriah-trasmortels. De Waterstaats-Ingenieur, (Ned.-Indië,) 1914.

Mortels.

Soorten en hoedanigheid van mortels.

Luchtkalkmortels, bestaande uit mengsels van luchtkalk (kalkhydraat van zuivere kalksteenen of marmerkalken) met zand, verharden aan de lucht door opname van koolzuur. Zij zijn wegens de oplosbaarheid van het kalkhydraat in water en bij groote

*) Prijzen vóór den oorlog.

vochtigheid niet zeer weervast, maar kunnen dit na het vormen van een voldoende laag calcium-carbonaat worden. De binding is gering en de verharding gaat zeer langzaam, maar kan door tras- en cementtoeslagen worden verhoogd. Afwisselend moeten zij vochtig en drooggehouden worden om de vastheid te vergrooten. Gemiddeld heeft de mortel na 28 dagen ouderdom 3 KG/cM² trek- en 15 KG/cM² drukvastheid.

Waterkalkmortels. bestaande uit een mengsel van waterkalken (kalkhydraat van kleihoudende kalksteenen) met zand, verharden gedeeltelijk door opname van koolzuur deels door binding van water in silikaat. Hoewel grooter dan bij luchtkalk is de binding toch gering evenals de verharding, maar kan ook door toeslagen worden verhoogd. Gemiddelde vastheid van de mortel na 28 dagen: trek 1,6 tot 7,9; druk 1,7 tot 24,5 KG/cM².

Traskalkmortels, bestaande uit mengsels van tras, kalk en zand, eischen een goede menging. De verharding bestaat uit de verbinding van kalk met het oplosbaar kiezelzuur tot kalkhydrosilikaten onder water, waarschijnlijk ook door chemische binding van water en aan de lucht door carbonaatvorming.

Zij bieden meer weerstand tegen zeewater, zuren, enz. dan cementmortels. Doordat zij niet zoo snel binden, zijn zij ook elastischer maar moeten in het begin zooveel mogelijk worden natgehouden. Zij krijgen onder water ook grooter vastheid dan aan de lucht of bij gebrek aan vocht. Toevoeging van P.C. maakt de mortel voor werken aan de lucht geschikter en verhoogt het vermogen om vaster te worden. Mortel van 1½ dl tras, 1 dl kalkdeeg en 1 dl zand is veel dichter dan 1 dl PC op 2 dl zand, verandert niet in volume en geeft na 14 dagen een trekspanning van ± 18 Kg/cM². Bij meer zand wordt de vastheid verhoogd, maar de dichtheid minder. Trasmortel krijgt haar grootste vastheid en waterdichtheid bij een maatverhouding van 1½ tras op 1 dl kalkdeeg.

Trekvastheid na 6 weken 8,1—23,6 KG/cM² of gemiddeld 15 KG/cM²; drukvastheid na 6 weken 63,2—168,6 of gemiddeld 97 KG/cM². Na 18 weken trekvastheid 16,2—28,7 of gemiddeld 21 KG/cM² en drukvastheid 118,6—194,6 of gemiddeld 149 KG/cM².

Portlandcementmortels hebben het voordeel van spoedig hard te worden en groote vastheid te bezitten. Zij krijgen bij luchtverharding hoogere vastheid dan bij verharding onder water, voornamelijk bij hoogere zandtoevoegingen. Daar de mortels van enkel cement en zand schraal zijn, is het gemakkelijk metselen slechts mogelijk in verhoudingen van niet meer dan 4 deelen zand op 1 Portlandcement en wordt om de duurte toeslag van tras en kalk gebezigd. De invloed van de omgevingstemperatuur is op de vastheid der cementmortels niet zoo groot als op trasmortels. Het binden van de mortel berust op het chemisch binden van water en de verharding treedt in bij kalkhydrosilikaatvorming, terwijl ook de vrijkomende kalk tot koolzure kalk wordt omgezet aan de lucht.

Trekvastheid na	7 dagen	9,9 tot 26,5	KG/cM²
,, ,,	28 ,,	15 ,, 31,6	,,
drukvastheid na	7 dagen	61 ,, 295	,,
,, ,, ,,	28 ,,	126 ,, 475	,,

Bij verharding van P.C. wordt een aanzienlijke overmaat van kalk (kristallijne hydraatkalk) afgescheiden, welke schadelijk kan zijn (b.v. in zeewater) en uitslag veroorzaakt. Hoewel de verharding wordt verlangzaamd kan trastoevoeging deze overmaat van kalk binden. Volgens *Dr. Calame* (Deutsche Bauzeitung, Mitteil. 1 en 2, 1918) neemt de druk- en trekvastheid van het cement toe tot op een verhouding van 0,8 tras op 1 P.C. en raadt hij aan 0,5 tras op 1 P.C. te nemen. Uit een oogpunt van dichtheid stelt hij de volgende mortels gelijk:

1 P.C. 2 · zand = 1 P.C. 0,5 tras 3 zand
1 P.C. 2,66 zand = 1 P.C. 0,5 tras 4 zand, enz.

steeds 0,66 zand meer bij P.C, mortel = 1 zand meer bij P.C. trasmortel.

Nog doeltreffender kan men in plaats van tras gegranuleerde basische hoogovenslakken (z.g. slakkenportlandcement) bezigen. De drukvastheid van 0,5 KG slakken en 3 zand was na 28 dagen 201 KG of ongeveer het dubbele van 1 P.C. 3 zand.

Slakkencementen krijgen een aanzienlijk geringer vastheid bij verharding in de lucht, vergeleken bij die onder water bij hoogere zandtoevoeging.

Cementtrasmortels zijn te verkiezen boven cementkalkmortels. Toevoeging van tras mentspecie maakt ook de mortel beter bestand tegen zeewater.
onderzoek naar het bestand zijn van *mortels in zeewater* kwamen *Gary* 1909 tot de volgende conclusies:

1. dat meer kalkrijk cement beter is voor zeewerken dan minder kalkrijk cement.
2. dat trastoeslag voor zeewerken slechts betrekkelijke waarde heeft.
3. dat voor zeewerken vette (dichte) mortels doelmatig zijn en deze vóór het in zee brengen, zoolang mogelijk aan de lucht (of onder zand) moeten verharden.

Roode cementmortels, bestaande uit een mengsel van rood cement (fijn gruis van roode baksteen), kalk en zand, worden in Ned.-Indië veel gebezigd om haar goedkoopte. De verhoudingen gaan van 1 dl rood cement op 1 dl kalk en 1 dl zand tot 1 dl rood cement, 1 dl kalk en 4 zand. Proeven met rood cement gezeefd door een zeef van 16 mazan per cM² en zand door een zeef van 25 mazen per cM² gaven volgens *Ir. de Wolff* de volgende vastheden:

Mortel van 1 rood cement, 1 kalk, 1 zand:
Trekvastheid na 3 + 4 dagen 1,51 tot 5,94 KG/cM²
idem ,, 3 + 25 ,, 5,98 ,, 12,43 ,,

Samenstelling van kalk- tras- en cementmortels voor verschillende werken, in volumedeelen: (naar Professor J. A. van der Kloes).

No.	Schelpkalk	Vette kalk	Kalkdeeg ¹) Stijf	Kalkdeeg ¹) Slap	Tras	Portland-cement	Brielsch schelpkalk. trasmeel ²)	Zand
A. Volstrekt waterdichte en voortdurend onder water verblijvende mortels.								
I	1	—	—	—	1¼	—	—	1½
II	—	1	—	—	1½	—	—	2
III*a*	—	—	1	—	3	—	—	4
III*b*	—	—	—	1	2¼	—	—	3
IV	—	—	—	—	—	1	—	2
V	—	—	—	—	1	1	—	2½
VI	—	—	—	—	—	—	1	1
B. Kaai- en sluismuren, trasramen, enz.								
VII	1	—	—	—	1¼	—	—	2—2½
VIII	—	1	—	—	1½	—	—	2½—3
IX*a*	—	—	1	—	3	—	—	5—6
IX*b*	—	—	—	1	2¼	—	—	3¾—4½
X	—	—	—	—	—	1	—	3
XI	—	—	—	—	1	1	—	4
XII	—	—	—	—	—	—	1	1½
C. Fundamenten en opgaande muren.								
XIII	1	—	—	—	1¼	—	—	3—4
XIV	—	1	—	—	1½	—	—	4—5
XV*a*	—	—	1	—	3	—	—	8—10
XV*b*	—	—	—	1	2¼	—	—	6—7½
XVI	—	—	—	—	—	1	—	3
XVII	—	—	—	—	1	1	—	4—5
XVIII	—	—	—	—	—	—	1	2—3

¹) 1 deel stijf kalkdeeg met 50% water is gerekend = 2 dln. kalkpoeder; 1 deel slap kalkdeeg met meer dan 50% water is gerekend = 1½ dln. kalkpoeder.
²) Dooreengemalen mengsel van 4 deelen schelpkalk en 5 deelen tras.

				kalk	tras	zand
Mortel No. VI	1 Schelpkalk-trasmeel	1 zand	bevat dus	1	1¼	2¼
,, ,, XII	1 ,, ,,	1½ ,,	,, ,,	1	1¼	3⅜
,, ,, XVIII	1 ,, ,,	2 ,,	,, ,,	1	1¼	4½
	1 ,, ,,	3 ,,	,, ,,	1	1¼	6¾

Met mortel 1 : 3 laat zich zeer goed metselen en zelfs pleisteren, doch om spoediger en grooter hardheid en een dichtere bepleistering te verkrijgen, kan men voor de pleisterspecie ook 2½ of 2, in plaats van 3 dln. zand nemen; minder dan 2 is in geen geval raadzaam, met het oog op het krimpen.

Mortelbereiding.

Bij bereiding in het groot maakt men gebruik van mortelmolen met locomobiel of motor. De kosten waren vóór den oorlog:

Huur locomobiel en mortelmolen per dag	f 8,—
Arbeidsloon 3 opperlieden (1 bij den molen en 2 voor blusschen, ziften en vervoer)	- 6,—.
Arbeidsloon machinist	- 2,75.
Steenkolen 5 HL à f 0,80	- 4,—.
Olie, vet, pakking, poetskatoen en onderhoud	- 0,75.
Loods en verdere materialen	- 12,50.
samen per dag	f 34,00.

waarbij ongeveer 200 HL mortel kunnen worden bereid; gemiddeld zal men op niet meer dan 100 HL mogen rekenen, alzoo per HL f 0,17 à f 0,34.

Een arbeider maakt uit de hand in een dag van 10 uren ongeveer 1 M³ mortel; bij een dagloon van f 2,00 wordt dit dus f 0,20 per HL.

Met handmortelmolens kunnen per uur 4 à 6 M³ mortel vervaardigd worden.

Kalkblusschen. Vette kalk levert bij het blusschen 2—2,5 maal het volume van de ongebluschte kalk; magere of hydraulische kalk 1,5 maal. Bij vette kalk is voor het blusschen noodig ± 5 M³ water en bij magere 2 M³ per M³ ongebluschte kalk. 1 HL ongebluschte kluitkalk geeft bij blusschen 2½ à 3 maal zooveel poeder (zie ook blz. 513 e.v.).

MORTELSOORT	Aant. maatdeelen				1 M³ mortel vereischt								Prijs van 1 HL mortel in gld. *)
	P. cement.	kalk-meel	tras	zand	P. cement		Kalk		Tras		zand	water	
					KG	L	meel L	deeg L	KG	L	L	L	
Sterke cementmortel	1			1	933	667					667	25	2,35
	1			2	662	445					887	24	1,90
Cementmortel	1			2½	560	400					1 000	18	1,70
	1			3	467	334					1 000	17	1,60
	1			4	350	250					1 000	14	1,30
Basterd cementmortel	1	(deeg) ½		3	460			165			990	17	1.40
Slappe cementkalk-mortel	1	(deeg) ½		5	280	200		100			1 000	13	1,10
Cementtrasmortel	1		1	4	350	250			275	250	1 000	19	1,30
idem	1		½	3	460	330			182	165	1 000	15	1,50
Sterke trasmortel		(deeg) 1	1					500	550	500		10	1,10
Sterke trasmortel (vette steenkalk)		(deeg) 1	1½					400	660	600		12	1,25
Idem van schelpkalk		1	1¼				450		605	550		23	1,30
Sterke basterdtras-mortel		(deeg) 1	1½	1				362	597	543	362	4,5	1,10
Idem		1	1½	2			330		545	495	660	23	0,90
Idem van schelpkalk		1	1¼	1½			380		523	475	570	23	0,92
Slappe basterdtras-mortel van schelpkalk		2	1	4			312		172	156	624	16	0,85
Basterd trasmortel		(deeg) 1		1				345	380	345	345	11	1,00
Slappe basterdtras-mortel		(deeg) 2	1	4				340	187	170	680	9	0,80

*) Prijzen vóór den oorlog.

MORTELSOORT	Aant. maatdeelen				1 M³ mortel vereischt								Prijs van 1 HL mortel in gld. *
	P. cement	kalkmeel	tras	zand	P. cement		Kalk meel	Kalk deeg	Tras		zand	water	
					KG	L	L	L	KG	L	L	L	
Slappe basterdtras-mortel		(deeg) 2	1	5				304	167	152	760	9,5	0,72
Idem		(deeg) 2	1	6				276	152	138	828	9,5	0,65
Kalkmortel (vette steenkalk)		(deeg) 1		1½				386			580	4,5	0,85
Idem hydraul. of schelpkalk		1		1½			633				950	22	0,85
Idem		1		2			500				1 000	22,5	0,75
Idem		1		3			333				1 000	16	0,60
mortel voor drijfsteen	1			6-8									

Berekening van mortelspeciën.

De uitlevering, d. i. de hoeveelheid vaste stof, welke 1 maatdeel van de grondstof aan mortel geeft, is voor portlandcement 0,48
idem voor tras 0,48—0,51
,, ,, kalkdeeg 1,—, meelkalk of ongebluschte kalk 0,34
,, ,, hydraulische kalk 0,28—0,34
,, ,, zand 0,58—0,62
,, ,, scherp rivierzand 0,68
,, ,, koraalkalk 0,34
,, ,, rood cement 0,57.

De hoeveelheid water per M³ benoodigd is te rekenen

voor portlandcement	0,25 M³	voor hydr. kalk	$0{,}22^5$ M³
,, tras	0,20 ,,	,, vette kalk	0,20 ,,
,, zand	0,07 ,,	,, schelpkalk	$0{,}17^5$,,

Bovenstaande tabel geeft de benoodigde hoeveelheid grondstoffen aan voor de bereiding van verschillende metselspeciën. Bij de bepaling der prijzen is uitgegaan van de volgende vóór den oorlog geldende cijfers:

Prijs van 1 HL portlandcement	f 3,15	Prijs van 1 HL zand	f 0,15
,, ,, 1 HL tras	- 1,10	,, ,, 1 HL water	- 0,01
,, ,, 1 HL kalkd. of hydr. kalk-	0,50	,, ,, 1 HL mortelbereiding	- 0,20

Voorbeeld van berekening: sterke basterd trasmortel:

1 kalk geeft	1 × 0,34	= 0,34	HL mortel à	f 0,50	= f 0,50
1½ tras ,,	1½ × 0,50	= 0,75	,, ,,	,, - 1,10	= - 1,65
2 zand ,,	2 × 0,60	= 1,20	,, ,,	,, - 0,15	= - 0,30
water 0,2 + 1½ × 0,20 + 2 × 0,075		= 0,65	,, ,,	,, - 0,01	= - 0,006
samen		2,94	HL mortel voor		f 2,456

of per HL $\frac{2{,}456}{2{,}94}$ = f 0,83
voor bereiding - 0,20
wordt samen f 1,03

Metselwerken.

Arbeidsloon bij metselwerk.

Het arbeidsloon verschilt zeer naar gelang van de soort van werk en wordt veelal bepaald naar het aantal steenen, dat kan worden verwerkt

Bij zwaar muurwerk aan sluizen, kademuren, enz. verwerkt de metselaar per dag van 10 uur gemiddeld 3000—5000 steenen, bij gewoon huiswerk aan 1—3 steensmuren 1000—3000 steenen; bij halfsteensmuren en schoorsteenwerk 300—500 per dag.

*) Prijzen vóór den oorlog.

Men kan bij gewoon huiswerk rekenen per 1000 steenen (waalvorm), voor arbeidsloon van den metselaar f 8,00—f 9,50 of per M³ f 6—f 7.—
,, ,, ,, opperen en mortelbereiding f 7,—-f 8,— of per M³ f 4,50-f 6,—.
Bij ingewikkeld werk of gevelwerk is het loon van den metselaar bij 1000 steenen 2 tot 3 gulden meer.

Verschillende metselwerken met prijzen. (Vóór den oorlog).

De hoeveelheid benoodigde mortelspecie voor metselwerk hangt af van het steenformaat en de dikte der voegen.

Per M³ metselwerk waalsteenformaat kan men bij normale voegdikte gemiddeld rekenen op 0,25 M³ metselspecie (nat). Bij Utrechtsche steen ongeveer 15 % en bij IJselsteen ongeveer 30 % meer.

Wanneer gewelven, rollagen of vlechtingen gemetseld worden, zal het arbeidsloon bij waalvormsteenen met 30 % en bij IJselsteenen met 50 % vermeerderd moeten worden.

Voor 1 M³ metselwerk van breuksteen zijn noodig 0,20—0,35 M³ mortel en voor 1 M³ blokwerk van gehouwen steen 0,10—0,12 M³ specie.

Metselwerk aan *fundamenten:*

Boerengrauwe (miskl.) waalsteen in slappe basterd trasmortel, slappe cementkalk- of kalkmortel van schelpkalk, incl. vracht, per M³ f 13,— — f 13,50.
Roode waalsteen in dezelfde mortel per M³ f 12,50—f 13,—.

Trasraam:

Vlakke grijze of blauwe gesmoorde waalklinkers in sterke basterdtrasmortel of cementmortel, incl. vracht en profielen per M³ f 19,— — f 19,50.
Voor achterwerkers kan men miskleurige klinkers nemen.

Waterdicht werk:

Vlakke waalsteenklinkers in sterke trasmortel, incl. vracht, stellingen, enz. per M³ f 19,— — f 19,50.
Idem in sterke cementmortel f 20,— — f 20,50.

Opgaand werk:

Vlakke gelijkkleurige gevelklinkers of kleurig hardgrauwe waalsteen in slappe basterdtrasmortel, incl. vracht, profielen en steigers per M³ f 18,— — f 18,50.
Idem in basterd trasmortel f 18,50—f 19,—.
Idem in cementtrasmortel f 19,— — f 19,50.
Voor achterwerkers kan men miskleurige steen nemen.

Binnenwerk:

Best roode waalsteen in slappe basterd trasmortel of kalkmortel van schelpkalk f 13,— — f 13,50 per M³.
Miskleurig boerengrauw in dezelfde mortel per M³ f 14,— — f 14,50.

Schoorsteen-, rook- en wasemkanalen:

Vlakke miskleurige klinkers buitendaks en hardgrauwe steen binnendaks in basterd tras- of cementkalkmortel.

Drijfsteenmetselwerk:

Halfsteenswerk, 0,10 HL mortel per M³:
prijs per M³ met inbegrip van profielen, steigers, enz.: f 1,10—f 1,20 en per M³ ± f 12,—.

Metselwerk van vuurvasten steen:

4 HL vuurklei op 1000 steenen; prijs per M³ met inbegrip van profielen, enz. ± f 60.

Metselwerk van basalt:

1 M³ basalt in sterke trasmortel:

2 ST basalt à f 8,—	=	f 16,—.
2 HL kalk	=	- 1,20.
2 ,, tras	=	- 2,20.
arbeidsloon volzetten met cement en steenstukken	=	- 0,30.
samen	=	f 21,70.

Voegwerk.

Voegwerk geschiedt met gesneden (geknipte) voegen of met platte voegen.
Gesneden voegwerk kan aan arbeidsloon het dubbele kosten van gewoon platvol

voegwerk. In het algemeen kan een metselaar per uur ongeveer 1 M² voegen en verbruikt hij daarvoor ± 10 Liter specie. Rekent men daarbij f 0,05 voor stellingkosten, dan vindt men voor baksteenmuren de volgende vóór den oorlog geldende prijzen:

1 M² voegwerk in sterke trasmortel		f 0,45.
1 ,, ,, ,, ,, cementmortel		- 0,50.
1 ,, ,, ,, basterd trasmortel		- 0,40.
1 ,, ,, ,, kalkmortel		- 0,35.

Voor uithakken der voegen van bestaand werk en afboenen, kon men per M² f 0,10 rekenen.

Voegwerk aan basaltmuren kwam in sterke trasmortel ongeveer op f 0,80 per M² te staan.

Raap- en pleisterwerk.

Muren moeten volgeraapt worden met de specie, waarmede gemetseld is.

Sterke cementspecies (1 P.C. 2 zand of 1 P.C. 1 kalk 3 zand) verharden sterk en zijn aan krimpen onderhevig, zoodat zij menigmaal losscheuren, zoodat men indien het niet zoozeer op waterdichtheid aankomt, beter doet, waterkalk in plaats van PC te bezigen.

Waterdicht pleisterwerk:

Hiervoor bezige men 1 dl cement op 2 dl zand.

Buitenpleisterwerk:

Goedkoop buitenpleisterwerk en algemeen raapwerk vormt
1 dl waterkalk (van Doornik, Rheine of elders) op 2½—3 dl rivierzand.
Ook kan men cementmortel bezigen van
1 dl cement op 3—4 dl zand,
of wel trasmortel van 1 dl tras, 2 dl kalk en 3 dl zand.

Binnenpleisterwerk:

Voor binnenpleisterwerk en raapwerk bezige men
1 dl waterkalk op 2—3 dl fijn rivierzand of trasmortel van 1 dl tras, 2 dl kalk en 5 dl zand.
Nagenoeg wit en fijn pleisterwerk krijgt men ook met mortel van:
1 dl kalk op 3 dl duinzand.

Witte pleistermortel tegen hard cementoppervlak wordt gevormd met:
1 dl schelpkalk 3 dl zand en 1 dl gips als 1e laag,
2 ,, ,, 4 ,, ,, ,, 1 ,, ,, ,, 2e ,, en verder afpleistering met 2 dl schelpkalk en 1 dl gips.

1 dl gips, 4—5 dl (Luiksche) steenkalk en 12 dl zand als 1e laag en voor de laatste laag met duinzand te mengen.

De kalk moet zijn belegen kluitkalk. Afpleisteren met mortel van 3 dl gips en 4 dl stuifkalk.

Kosten van pleisterwerk vóór den oorlog:

1 M² vlakke bepleistering met P.C. mortel dik 1 cM f 0,60—0,70.

1 M² buitengevel bepleisteren in P.C. specie met inbegrip van stellingen, enz. f 0,70; bij gevellijstwerk per strekkenden meter f 0,50 tot f 1,— meer.

1 M² bepleistering van binnenmuren, bestaande in het volrapen en daarna met een grauwe mortel van 1 steenkalk, ½ tras, 2½ zand overdekken, incl. stellingen f 0,30.

1 M² bepleistering van binnenmuren met een witte mortel van 1 kalk, ⅘ gips, 3 zand f 0,20.

1 M² afpleistering met gipsmortel van 1 kalk, 1 gips f 0,25.

Beton en betonwerk.

Litteratuur.

Ir. A. W. C. Dwars, Beton en Gewapend Beton, Æ. E. Kluwer, Deventer, f 1,60.

Soorten en hoedanigheid van beton.

Beton bestaat uit een mengsel van een hydraulisch bindmiddel, zand en ander vast materiaal (z.g. toeslag) als grint, steenslag, slakken, enz. Het mengsel van zand en cement wordt de mortel genoemd. Het is bewezen, dat het beton de vastheid verkrijgt, welke de aangewende mortel zelf bereikt, indien althans de toeslag geen geringer vastheid bezit dan de verharde mortel.

Naar gelang van het gebruikte hydraulische bindmiddel onderscheidt men cement- en trasbeton.

Voor werken, welke aan zeewater zijn blootgesteld, wordt aan het beton tras toegevoegd, welke het beter bestand maakt tegen de chemische invloeden.

Steenslag geeft veelal duurder werk dan grint, maar daarentegen een sterker beton. Beton van brikken heeft een geringere vastheid dan dat van grint of steenslag.

Voor grof werk kan het gebruik van steenen in beton voordeelig zijn; men bespaart daarbij het klein maken der steenen en een hoeveelheid cement, terwijl het gewicht van het beton grooter wordt, hetgeen een voordeel kan zijn. Het percentage der steenen in de totale massa kan van 20 tot 60 % varieeren, al naar de grootte en den afstand der steenen, welke tot 8 cM kan bedragen.

Koude vertraagt het binden van het cement; vorst werkt dàn schadelijk op het beton, wanneer het met te veel water is aangemaakt. Bij werken gedurende vriezend weer doet men goed een snelbindend cement te gebruiken.

Trasbeton, droog of nat verwerkt, wordt zelden anders dan voor waterwerk aangewend en is voor dit doel te verkiezen, omdat er minder gevaar bestaat, dat de mortel bij het verwerken haar kracht verliest en uitspoelt. Daarenboven is trasbeton nog wat goedkooper.

De hoeveelheid water, welke voor het aanmaken wordt toegevoegd, is van grooten invloed op de vastheid van het beton.

Bij het storten onder water moeten zand en grint in gelijke hoeveelheden worden genomen. De sterkte onder water is aanzienlijk minder dan bij stampbeton. Evenzoo geeft stampbeton hoogere vastheid en grootere dichtheid dan gietbeton.

Mengverhouding. Om de mengverhouding voor beton te bepalen, stelt men eerst de mortelmenging, d. i. de verhouding van cement of tras tot zand vast, die de vereischte vastheid en dichtheid heeft. Volgens practische gewoonte beschouwt men in Engeland nog als zand, hetgeen door $^1/_8''$ maaswijdte gaat; in Duitschland neemt men 7 mM als grens voor zand en bij gewapend beton 7 tot 25 mM voor kies en steenslag aan. De te toe voegen hoeveelheid (toeslag) grint of steenslag moet zoodanig zijn, dat de holten minstens door de mortel worden opgevuld. Daarvoor is dus eerst de holle ruimte der stoffen te bepalen. Evenwel is de genoemde regel niet geheel juist, daar droog zand met gelijkmatig fijne korrels evenveel holten heeft als ander zand met gelijkmatig grove korrels en toch veel meer cement noodig heeft om een gelijke vaste mortel te leveren; verder is het volume der holte zeer afhankelijk van de vochtigheid van het zand. Betere methode is dan ook die menging van cement en zand te kiezen, welke bij gelijk droog gewicht der materialen het kleinste betonvolume, alzoo het specifiek zwaarste en dichtste beton geeft.

Voor een *benaderende berekening* der mengingshoeveelheden kan de regel van *Fuller* dienen, welke luidt: Men deelt het getal 43 door de som der verhoudingsgetallen (b.v. bij verhouding 1 : 2 : 4 door 7); het quotiënt geeft het aantal zakken cement (van 50 KG = 36 L), welke men op den gestampten M³ beton noodig heeft. Dit getal met den inhoud van 36 L vermenigvuldigd geeft het eenheidsvolume der menging en door vermenigvuldiging van dit cijfer met de verhoudingsgetallen krijgt men ongeveer de benoodigde hoeveelheden toeslag (alzoo in ons bovengenoemd geval wordt het aantal zakken cement 6 of een eenheidsvolume van 6 × 36 = 216 L, zoodat de toeslagen worden 2 × 216 en 4 × 216 L).

Daar het cementvolume verschilt of het los geschud of uitgestort wordt, doet men nauwkeuriger het gewicht der toe te voegen cementhoeveelheid vast te stellen. In het algemeen kan men rekenen, dat de volgende mengsels ongeveer het bijgegeven gewicht cement bevatten:

mengsel	KG cement op 1 M^3 gereede beton
1 : 3	500
1 : 4	400
1 : 5	350

Toeslagen. De voordeeligste grootte der stukken grint en steenslag ligt tusschen 5 en 50 mM. Voor waterdicht werk neme men de stukken niet grooter dan 20 mM en liefst tot ongeveer 10—12 mM bij verschillende grootte. In het algemeen bezit toeslag minder holle ruimte, uit hoe meer verschillende korrelgrootte zij bestaat.

Bij gelijken prijs van den toeslag is grint of kiezel met de minste holle ruimte het goedkoopst, daarom zijn grint of kiezel in het algemeen te verkiezen boven steenslag en de laatste voordeeliger, wanneer zij stukken van verschillende grootte bevat.

Toeslagen, welke ongeveer 35 % holten bevatten, zooals grint, kunnen in een hoeveelheid dubbel zoo groot als die van het zand, aan de mortel toegevoegd worden om een dicht beton te verkrijgen, dat ook in gestampten toestand de grootste vastheid bereikt, alzoo 1 : 1½: 3, 1 : 2 : 4, enz. Worden toeslagen gebezigd met meer holten (47—50 %) zooals gelijkmatig grof steenslag), dan zal meer mortel in het beton worden vereischt, b.v. 1 : 2 : 3, 1 : 3 : 4,5 enz.

Dichte mengsels worden verkregen, wanneer de hoeveelheid mortel 20—25 % grooter is dan de holten.

Uitlevering der mengsels. Zijn de grondstoffen in goede verhouding gekozen, d.i. zoodanig, dat alle holten worden opgevuld of m. a. w. het beton goed dicht is zonder overmaat van mortel, dan kan men voor de bepaling van de uitlevering van betonmengsels (zie ook bij mortelmengsels, bldz. 1025) de volgende cijfers aanhouden:

1 M^3	portlandcement	geeft	0,48	M^3 beton.
1 ,,	droge gebluschte kalk . . .	,,	0,34	,, ,,
1 ,,	tras	,,	0,50	,, ,,
1 ,,	grof zand	,,	0,58	,, ,,
1 ,,	fijn zand	,,	0,62	,, ,,
1 ,,	grof grint	,,	0,65	,, ,,
1 ,,	fijn grint	,,	0,60	,, ,,
1 ,,	steenslag	,,	0,45—0,50	,, ,,
1 ,,	brikken	,,	0,45	,, ,,
1 ,,	groote onregelmatige steenstukken	,,	0,50—0,60	,, ,,
1 ,,	,, ,, ronde steenen	,,	0,60	,, ,,

Voor het aanmaken van de specie vordert:

1 M^3	cement	0,25	M^3 water.
1 ,,	kalk	0,20—0,25	,, ,,
1 ,,	tras	0,175—0,225	,, ,,
1 ,,	zand	0,075	,, ,,
1 ,,	grint	0,05	,, ,,
1 ,,	steenslag	0,075	,, ,,
1 ,,	brikken	0,10	,, ,,

Voorbeeld: Uitlevering van cementgrintbeton 2 P.C., 2 zand, 3 grint.

1 M^3 P.C.	geeft	0,48	M^3
2 ,, zand	,,	1,20	,,
3 ,, ,,	,,	1,86	,,
water		0,625	,,
samen		4,165	M^3 beton.

Verschillende samenstellingen van beton.

Verschillende samenstellingen van *cementbeton*, waarbij de benoodigde hoeveelheden slechts gemiddelden zijn, daar zij ook afhangen van de fijnheid van de te bezigen materialen, zand, grint of steenslag.

Het ruimtegewicht van het P.C. is hierbij op 1400 KG per M^3 aangenomen, d.i. meer dan het losingeloopen gewicht (± 1200 KG), zoodat de hoeveelheid feitelijk wat grooter is genomen.

BETON VOOR:	Verhouding in maatdeelen droog	Cement	Zand	Grint van 35 % holte	Steenslag 47—50 % holte	Water	1 M³ stampbeton eischt: Cement L	Cement KG	Zand L	Grint L	Steenslag L	Aanmerkingen
Onderlaag bestating en aanvulling.	1 : 18	**1**	**6**	**12**		1,00	72	100	450	900		De vetgedrukte verhoudingen geven dichte mengsels, waarbij het onvoordeelig is minder grint of steenslag dan deze aan te nemen, temeer, omdat de vastheid er niet door wordt verhoogd.
		1	6		9		105	147	600		900	
Fundeering en zwaar muurwerk.	1 : 15	**1**	**5**	**10**		0,90	90	125	450	900		
	1 : 12½	1	5		7,5		120	198	600		900	
	1 : 12	**1**	**4**	**8**		0,80	113	158	450	900		
Kaai- en bekleedingsmuren, landhoofden, vloeren, enz.	1 : 10	1	4		6		154	215	600		900	
	1 : 9	**1**	**3**	**6**		0,65	150	210	450	900		
	1 : 8	1	3	5		0,50	158	220	500	850		
Pijlers, dragende muren, wanden, enz.												
Gewelven.	1 : 7½	**1**	**2,5**	**5**		0,55	180	250	450	900		
	1 : 7	1	3	4		0,50	173	240	590	780		
Betonstortingen onder water, tegels, dakpannen.	1 : 6	**1**	**2**	**4**		0,45	227	318	450	900		
	1 : 6	1	3	3		0,45	202	280	670	670		
Rioolbuizen, duikers, neuten, sluisvloeren, sponningen, draagblokken, gewapendbetonconstructies, rioolbuizen, enz.	1 : 5	2	1	3		0,40	281	390	540	810		
	1 : 5	3	5	10		0,40	274	380	540	810		
	1 : 4½	1	2	2,5		0,37	288	400	600	750		
	1 : 4	1	2	2		0,35	310	430	670	670		
Dichte buizen van kleinen diameter, beklampingen, enz.	1 : 3½	1	1,5	2		0,33	346	480	540	810		
	1 : 3	1	1	2		0,30	418	580	450	900		
	1 : 3	1	1,5	1,5		0,30	382	530	670	670		
Kaai- en bekleedingsmuren, fundamenten, enz.		**1**	**2**		**3**		282	395	600		900	
		1	**3**		**4,5**		200	280	600		900	
Waterdichte constructies bij hoogen waterdruk.		1	1½	3								

Verschillende samenstellingen van *trasbeton en cementtrasbetonmengsels:*

BETON VOOR:	Cement	Tras	Kalk	Zand	Grint van 35 % holte	Steenslag	Water	1 M³ stampbeton eischt: Cement L	Cement KG	Tras L	Kalk L	Zand L	Grint L	Steenslag L	Aanmerkingen
Waterwerk		1	1	1		3*	0,45			300	300	300		900	* brikken 50 % holte
		1	1	2	4		0,55			110	110	220	770		
Waterreservoirs	2	3	1	5	15 *	12									
Zeewaterkeeringswerken, havenhoofden, enz.	1	½		3	5		0,80	140	196	70		420	700		
	1	½		3	7		0,85	120	168	60		360	830		
	1	1		4	5		0,75	135	189	135		540	680		

* fijn grint.

BETON VOOR:	Cement	Tras	Kalk	Zand	Grint van 35 % holte	Steenslag	Water	1 M³ stampbeton eischt Cement		Tras	Kalk	Zand	Grint	Steenslag	Aanmerkingen
								L	L	L	L	L	L	L	
Zinkwerken, oeververdedigingen (systeem de Muralt).	2	1/3		5	7		0,95	210	294	35		525	725		* brikken 50% holte
	3	1/3		5	7		1,20	290	406	32		485	675		
Zee- en strandhoofden (systeem de Muralt)	4	1		5	8		1,60	330	462	82		410	655		
Dijkverdedigingswerken, trapglooiingen, enz. (systeem de Muralt)	3	1		5	8		1,75	216	302	72		360	576		
	5	1		5	8		2,25	340	476	68		340	544		

Grondstoffen benoodigd voor het maken van 1 M^3 beton.

Maatdeelen Cement	Zand	Grint	Gemiddeld Cement KG	Zand M³	Grint M³	Maatdeelen Cement	Zand	Grint	Gemiddeld Cement KG	Zand M³	Grint M³	Maatdeelen Cement	Zand	Grint	Gemiddeld Cement KG	Zand M³	Grint M³
1	1		1019	0,742		1	1½	3½	340	0,373	0,906	1	3	3	291	0,639	0,665
1	1½		815	0,894		1	1½	4	314	0,344	0,956	1	3	3½	272	0,597	0,726
1	2		680	1,002		1	2	2	408	0,596	0,621	1	3	4	258	0,565	0,785
1	2½		582	1,063		1	2	2½	371	0,542	0,707	1	3	4½	240	0,525	0,821
1	3		510	1,117		1	2	3	340	0,498	0,776	1	3	5	227	0,498	0,865
1	3½		453	1,159		1	2	3½	314	0,458	0,836	1	3	6	204	0,447	0,932
1	4		406	1,192		1	2	4	291	0,426	0,886	1	3½	4	240	0,613	0,730
1	1	1½	582	0,426	0,665	1	2	4½	272	0,398	0,932	1	4	4	227	0,614	0,692
1	1	2	510	0,374	0,776	1	2	5	258	0,372	0,968	1	4	4½	214	0,627	0,734
1	1	2½	453	0,332	0,863	1	2	6	227	0,331	1,036	1	4	5	204	0,596	0,776
1	1	3	408	0,298	0,932	1	2½	2½	340	0,621	0,680	1	4	6	185	0,541	0,846
1	1	3½	371	0,271	0,989	1	2½	3	314	0,574	0,718	1	4½	4½	204	0,671	0,699
1	1	4	340	0,250	1,038	1	2½	3½	291	0,532	0,776	1	4½	5	195	0,640	0,741
1	1½	1½	510	0,558	0,582	1	2½	4	272	0,498	0,830	1	5	5	185	0,676	0,705
1	1½	2	453	0,497	0,690	1	2½	4½	258	0,466	0,882	1	5	6	170	0,662	0,802
1	1½	2½	407	0,447	0,776	1	2½	5	240	0,439	0,914	1	6	6	157	0,687	0,714
1	1½	3	370	0,470	0,848												

Eigenschappen van beton.

Drukvastheid.

De vastheid van beton hangt van vele factoren af, als daar zijn: de samenstelling, de aard der materialen, de hoeveelheid water, de bereiding en verwerking, de vochtigheidstoestand der lucht en de ouderdom.

Gemiddelde drukvastheid van betonmengsels bestaande uit P.C., rivierzand en grint:

Ouderdom der Proefstukken	Drukvastheid in KG/cM² bij mengsels van						
	1 : 3	1 : 1 : 3	1 : 2 : 3	1 : 2 : 4	1 : 3 : 3	1 : 2^5 : 5	1 : 3 : 6
7 dagen . .		100	95	90	90	85	80
1 maand . .	140	190	180	160	155	150	140
3 maanden .		230	210	200	190	180	170
6 maanden .		300	270	250	240	230	210
1 jaar . .		350	320	300	2 80	260	250

In 't algemeen is de drukvastheid van beton na 3 maanden globaal 1¼ maal en na 6 maanden 1²/₃ maal zoo groot als die na 1 maand. Gegoten of plastisch beton heeft in den beginne aanmerkelijk mindere drukvastheid dan gewoon verwerkt beton, doch deze neemt na langere verharding aanmerkelijk toe en geeft dan geringere verschillen. Een hoeveelheid water van 15 tot 17 % van het volumedeel cement en zand, geeft aan het beton de meeste vastheid.

Trekvastheid van beton.

Deze hangt eveneens van de bovengenoemde omstandigheden af.

Gemiddelde trekvastheid van betonmengsels bestaande uit P.C., rivierzand en grint:

Ouderdom der proefstukken	Trekvastheid in KG/cM² bij mengsels van				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 8
7 dagen	18	17	12	5	3
1 maand	22	20	16	7	5
3 maanden	25	27	19	15	10
6 maanden	28	28	20	16	11
1 jaar	32	29	22	18	12

Vastheid tegen afschuiving.

Deze is eveneens van verschillende factoren afhankelijk. Gebleken is evenwel, dat zij niet kleiner is dan de trekvastheid. Uit de trek- en drukvastheid is de schuifvastheid af te leiden volgens de formule:

$$\tau = \sqrt{\sigma_t \times \sigma_d}$$

Gemiddeld is de schuifvastheid voor mengsels van 1 : 3 bij een ouderdom van 2 jaren volgens Mörsch 65,9 KG/cM² en voor een mengsel van 1 : 4 oud 1½ maand 37,1 KG/cM².

Elasticiteit. Zie blz. 700.

De elasticiteitsmodulus bij beton is voor druk niet gelijk aan dien voor trek: hij hangt tevens in hooge mate van de spanning af, en neemt bij ouderdom toe.

Betonbereiding.

Het zuiveren der materialen.

Het zeven van het zand met het verwijderen van kleine steentjes vordert per M³ ongeveer 35 tot 50 minuten van een arbeider; idem van kiezel met het verwijderen van grove steenen en vuil 48 tot 70 minuten.

Het transport der materialen naar de bereidingsplaats.

Het laden van cementzakken op den wagen vordert per 100 KG cement ongeveer 1,5 à 2,2 minuut van een arbeider, het lossen en 10 M verder dragen 1,2 à 1,7 minuut. Het opstapelen der cementzakken in het magazijn 1,5 à 2,1 minuut per 100 KG.

Het betonmengen met de hand kan nog voordeeliger zijn bij hoeveelheden tot 100 M³ per dag. In het algemeen kan men rekenen, dat per man per uur hoogstens 1/3 M³ kan worden bereid en verwerkt bij een ploeg van minstens 4 man (2 voor het bed, 1 voor het vervoer, en 1 voor het stampen of verwerken).

Door middel van goten kan het beton in het werk worden gebracht, maar dit vereischt een vrij slappe consistentie van de massa, waarin een gevaar ligt voor de deugdelijkheid. Algemeen is een goothelling van minstens 1 op 2¾ aan te bevelen en een gebruik van hoogstens 95 L water per M³ los materiaal. Bij gebruik van mengtrommels moeten deze niet sneller gedraaid worden dan 16 omwentelingen

per minuut en moet voor elke nieuwe lading de trommel minstens 10 omwentelingen maken gedurende minstens één minuut, waardoor met minder water dezelfde slappe consistentie wordt bereikt.

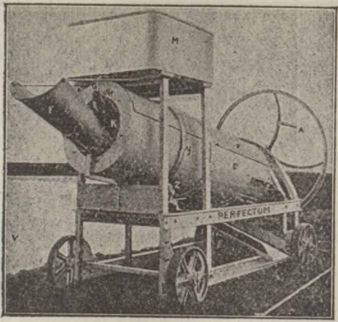


Fig. 1.

Betonmengmachines.

Betonmengmachines worden geleverd voor hand- en machinekracht. De eerste geven 1,5 tot 7 M³ specie per uur; de laatste worden vervaardigd voor een productie van 4 tot 40 M³ per uur met bedrijfsvermogen van ½ tot 12 PK. Men onderscheidt de machines hoofdzakelijk in die met continu bedrijf en die met bedrijf bij tusschenpoozen. De eerste bezitten in hoofdzaak een mengtrog of trommel, waarin de betonspecie ononderbroken wordt voortgestuwd; bij de laatste geschiedt de menging door vrijen val of door menging in trog of trommel, welke geregeld geledigd wordt.

Fig. 1 geeft den handbetonmolen „*Perfectum*" wordt. Hij kan gemakkelijk door één man gedreven worden, terwijl voor de geheele verwerking vijf man zijn benoodigd één voor het drijven, één voor het invullen en drie voor het aanbrengen van cement, zand, grint en water. Per uur kan 4 tot 6 M³ beton vervaardigd worden. De prijs was f 360,—. De wateraanvoer geschiedt automatisch uit den bak M.

Tegenwoordig komen meer en meer Amerikaansche typen in zwang, o.a. die van de Ransome-verMehr Machinery Co. te Londen. Deze werken volgens het „bak"-systeem, 't welk in staat stelt de gemengde massa bak bij bak te controleeren en gelijkvormigheid der menging gewaarborgd wordt. De door genoemde maatschappij geleverde standaardmolens hebben de volgende capaciteiten en afmetingen:

Capaciteiten in kubieke meters.

Standaardgrootte v/d molen	00	0	1	2	3	4	5
Nominale inhoud v/d molen	0,060	0,190	0,380	0,575	0,765	1,145	1,530
Inhoud v. d. bak (trechter)	0,085	0,205	0,455	0,880	1,020	1,585	2,265
Oplevering per bak gemengd materiaal, bij gebruik van steenslag	0,057	0,140	0,310	0,455	0,880	1,075	1,530
Oplevering per bak gemengd materiaal, bij gebruik van zwaar of gewoon grint .	0,065	0,155	0,340	0,510	0,965	1,190	1,700
Gemiddelde gegarandeerde oplevering per dag van 10 werkuren, bij gebruik van steenslag	16,8	42	70	138	206	317	453
Gemiddelde gegarandeerde oplevering per dag van 10 werkuren, bij gebruik van zwaar of gewoon grint	20	46	100	153	230	360	505
Maximum oplevering verkregen per dag van 10 werkuren	40	92	200	306	460	720	1010
Dikte v. trommel-platen mM	4,76	6,35	6,35	6,35	7,94	9,52	12,70
Dikte v. trechterbakplaten ,,	3,17	3,17	3,17	3,17	4,76	4,76	6,35

Standaardgrootte v/d molen	00	0	1	2	3	4	5
Nominale inhoud v/d molen	0,060	0,190	0,380	0,575	0,765	1,145	1,530
Dikte van trommelbaan mM	22,22	25,4	3,92	34,92	38,10 staal	44,45 staal	51,— staal
Diameter van drijfas ,,	38,10	44,45	54,17	54.17	63,70	76,—	88,70
Diameter riemschijven ,,	381	457	533,04	610	813	1066	1524
Snelheid drijfas (omw. per min.)	174	132	118	122	94	99	90
Snelheid trommel (omw. per min.)	24	18	16	15	14	141	12
Afmetingen mengtrommel .	839 × 610	1066 × 762	1371 × 914	1527 × 1066	1676 × 1371	198 × 1524	2284 × 1753
Hoogte van onderkant frame tot bovenkant trechterbak	1016	1422	1727	1905	1489	1590	1845
Hoogte van den bodem tot uitlaatopening (bij molen zonder wielen)	215,70	293,70	432	553,05	559	610	689,70
Lengte van onderstel mM	1651	1981	2286	2590	2692	3304	38,12
Breedte van onderstel ,,	712	889	1117	1270	1526	1727	1956
Paardekrachten.	2	3	6	10	15	20	35

N.B. Alle afmetingen kunnen kleine afwijkingen vertoonen.

N.B. Bij bereiding van beton is onmogelijk definitief het juiste volume gemengd materiaal te garandeeren, hetwelk van een gegeven hoeveelheid ongemengde massa zal worden verkregen, zulks tengevolge van het verschil in aard en grootte van het gebruikte grint, doch bovenstaande cijfers, welke op verkregen resultaten zijn gebaseerd, kunnen als bijna zuiver worden beschouwd.

Kosten van betonwerk.

Voor de berekening van de kosten van verschillende betonmengsels maakt men gebruik van de hiervoren genoemde uitleveringscijfers.

In het algemeen kan men uitgaan van de volgende eenheidsprijzen (1920.)

1 M^3 cement (1 400 KG) f 120,—.
1 ,, zand . . . . . - 2,50.
1 ,, grint . . . . . - 8,—.
1 ,, tras . . . . . - 80,—.
1 ,, kalk . . . . . - 35,—.
1 ,, steenslag . . . - 15,—.
1 ,, brikken . . . . . - 8,—.

Voor het bereiden en verwerken kan men per M^3 rekenen op f 6,— à f 7,50.

Gewapend Betonwerk. *)

Litteratuur.

Gewapend Betonbibliotheek. Uitgave A. W. Sijthoff. Leiden. Gewapend Beton
Gewapend Beton. Tijdschrift, uitgave L. J. Veen. Amsterdam.
Voorschriften (G. B. V. 1918).
Ir. B. A. Verhey, c.i. Gewapend Betonconstructies. Uitg. L. J. Veen. Amsterdam 1915.
Ir. A. Boon, c.i. Gewapend beton, 2 druk 1913, Sijthoff, Leiden.
E. Mörsch. Der Eisenbetonbau, s. Theorie und Anwendung. 1912, 4. Aufl. Wittwer, Stuttgart.

*) Zie ook onder het hoofdstuk (bldz. 356). Berekening van gewapend beton.

G. Kersten. Der Eisenbeton, 2 deelen 1913, 6. u. 7. Aufl. Ernst u. S. Berlin
Handbuch für Eisenbetonbau hrsg. von E. von Emperger, 2. Auflage 1910—13. 12 Bände. Ernst u. Sohn. Berlin.
Beton-kalender, 2 Teile.

Samenstelling van het gewapend beton.

Samenstelling van het beton.

Wanneer het beton samengesteld is uit cement, grint en zand, moeten deze grondstoffen volgens de G. B. V. 1918 voldoen aan de volgende voorschriften:

„1. Het cement moet zijn P.C., al is ijzerportlandcement niet verboden, wel hoogoven- en slakkencement. Toevoeging van tras ook in zeewaterconstructies is niet noodzakelijk.

2. Het zand moet zijn zuiver en wanneer met grintkorrels gemengd, mogen deze niet grooter zijn dan 5 mM.

3. Grint en steenslag moeten voldoende hardheid en doelmatige grootte in verband met bestemming bezitten, niet kleiner dan 5 mM en niet grooter dan 60 mM.

De in beton aanwezige mortel moet minstens 125 KG cement op 2 HL zand (1 op 2) bevatten. De verhouding tusschen de te verwerken hoeveelheden zand en grint of zand en steenslag moet gelegen zijn tusschen de grenzen 1 op 1 (alzoo 1 P.C. 2 zand 2 grint) en 1 op 1½ (alzoo 1 P.C. 2 zand 3 grint). Deze verhouding kan gebracht worden op hoogstens 1 op 2 als de samenstelling van de gebruikte mortel binnen de grens van 250 KG cement op 3 HL zand (1 op 1½)blijft. Voor werken, die met zeewater in aanraking komen, wordt de verhouding tusschen cement en zand minstens 250 KG cement op 3 HL zand (1 op 1½).

Bij de herleiding van P.C. tot maatdeelen wordt 1 HL P.C. gelijk gesteld aan 125 KG.

Bij menging met de hand worden de samenstellende deelen zoo volkomen mogelijk in drogen toestand dooreengemengd, daarna geschiedt het aanmaken onder geleidelijke toevoeging van water door omzetten op een geschikten vloer. Het water moet behoorlijk zuiver zoet water zijn."

Het beton moet toteen dikke brij worden verwerkt, waarbij geen ontmenging plaats heeft. In het algemeen is 12—14% van het volume der samenstellende droge materialen aan water de grens, die men niet moet overschrijden, daar bij dit percentage bij het schudden van het beton de steenen naar beneden beginnen te zakken.

Samenstelling van het ijzer.

Het vloeiijzer moet volgens de G. B. V. een trekvastheid bezitten van minstens 36 KG/mM² en overigens voldoen aan de A. V. IJ. (Algem. Voorschriften voor ijzer, zie bldz. 563).

Welijzer mag slechts gebezigd worden voor onderdeelen, waarvan de grootste dikteafmeting niet meer dan 6 mM bedraagt. Bij een minimum trekvastheid van 36 KG/mM² moet dit ijzer een uitrekking vertoonen van minstens 12%.

In ijzer en beton toe te laten spanningen.

Volgens de in de G. B. V. vervatte beginselen en voorschriften moet worden voldaan aan de volgende eischen:

1°. De berekende trekspanningen in de wapeningsstaven en de berekende drukspanningen in het beton bij doorgebogen constructiedeelen mogen hoogstens de in onderstaande tabel opgenomen waarden bedragen:

Soort der constructie	Trekspanning in het ijzer	Drukspanning in het beton
a. Voor spoorwegbruggen	800 KG/cM²	35 KG/cM²
b. Voor bruggen voor gewoon verkeer en voor constructies, die aan sterke trillingen onderhevig zijn .	1000 KG/cM²	40 KG/cM²
c. In alle andere gevallen . . .	1200 KG/cM²	50 KG/cM²

2°. Bij zuiver gedrukte constructiedeelen bedragen de betonspanningen:

a. Voor spoorwegbruggen 30 KG/cM².

b. Voor bruggen voor gewoon verkeer en voor constructies, die aan sterke trillingen onderhevig zijn, 35 KG/cM^2.
c. Voor kolommen, die een onderdeel uitmaken van een verdieping. waarop de kap onmiddellijk rust 25 KG/cM^2.
d. In alle andere gevallen 40 KG/cM^2.

3°. In liggers, die plaatselijk in theoretischen zin een rechthoekige doorsnede bezitten, mag nabij de steunpunten de druk in het beton worden verhoogd tot een waarde $\sigma_b + 0{,}05\,(t_y - \sigma_y)$ KG per cM^2, waarin σ_b de onder 1°. toegelaten drukspanning in het beton, t_y de onder 1°. aangegeven toegelaten trekspanning in het ijzer, σ_y de berekende maximum-trekspanning in het ijzer voorstellen.

In geen geval mag die drukspanning in het beton meer bedragen dan 1,2 maal de bovengenoemde toegelaten waarden.

4°. Bedragen de schuifspanningen in het beton, berekend onder verwaarloozing van den invloed van het ijzer, meer dan $^1/_{10}$ van de in het betreffende constructiedeel toe te laten drukspanning, dan moeten daar, waar de schuifspanningen deze grens overschrijden, voorzieningen worden getroffen, dat de wapening alleen in staat is de geheele horizontale schuifkracht op te nemen; met de verticale schuifkracht wordt geen rekening gehouden.

Voor de berekening der schuifspanningen mogen in rekening worden gebracht de ijzerdoorsneden van alle beugels en opgebogen staven, welke door het beschouwde vlak worden gesneden. De staven der hoofdwapening mogen niet in één punt worden opgebogen. De onderlinge afstand der opgebogen staven en die der beugels moet zoodanig gekozen worden, dat de afschuivende kracht, die door de opgebogen staven moet worden opgenomen, zooveel mogelijk gelijkelijk over deze verdeeld wordt en dat die, welke door de beugels moet worden opgenomen, zooveel mogelijk gelijkelijk over de beugels wordt verdeeld.

Wordt het ijzer onder een hoek, kleiner dan 45° opgebogen, dan wordt voor dien hoek toch 45° in rekening gebracht.

5°. De op deze wijze berekende schuifspanning in het ijzer mag niet grooter worden dan de boven toegelaten trekspanning.

6°. De schuifspanning in het beton, berekend onder verwaarloozing van den invloed van het ijzer, mag niet grooter zijn dan $^3/_{10}$ van de in het betreffende constructiedeel toe te laten drukspanning.

Aanhechting.

De grootte van aanhechting van ijzer en beton hangt af van de samenstelling, de bereiding en het watergehalte van de specie en ook van de grootte der doorsnede en den aard der oppervlakte van de ijzeren staaf. Zij wordt uitgedrukt per eenheid van oppervlakte, welke door beton omsloten is.

Volgens verschillende onderzoekingen wisselt de aanhechtingsspanning af van 6 tot 42 KG/cM^2. In het algemeen geven afgedraaide staven de helft minder aanhechting dan die, waarop de walshuid aanwezig is, terwijl bij dik rondijzer de aanhechting grooter is dan bij dun rondijzer. Verder neemt de aanhechting af met toename van het watergehalte der betonspecie.

De lengte van de staaf, waarbij deze breekt, voordat zij uit het beton getrokken is, wordt bij aanname van een hechtspanning van 20 KG/cM^2:

voor rondijzer van 10 mM ongeveer 50 cM
" " " 20 " " 100 "
" " " 30 " " 150 "

Uitzetting.

De uitzettingscoëfficiënt kan voor beton gemiddeld worden gesteld op $\frac{1}{75\,000}$ en voor ijzer op $\frac{1}{81\,000}$. Gewone cementmortels verdragen geen grootere verlenging dan 0,10 mM per Meter; in gewapend beton zijn evenwel verlengingen geconstateerd tot een bedrag van 0,40 mM per Meter (zonder *zichtbare* scheuren).

Algemeene regels bij de uitvoering van gewapend betonconstructies.

Zie hiervoor: Afdeeling II der *Gewapend-Beton-Voorschriften* vastgesteld in 1918 door de afdeeling Bouw- en waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Men neme bij platen de dikte van het beton onder de onderste staven niet dunner dan 0,5 cM en ongeveer gelijk aan de dikte der staven. In het algemeen geven dunne

Doorsneden van rondijzeren staven.

Dikte in mM	Gewicht per M′ KG	Omtrek cM	Gezamenlijke doorsnede in cM² voor het hieronder vermelde aantal staven:																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	0,154	1,57	0,2	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,76	1,96	2,16	2,35	2,55	2,74	2,94	3,14	3,33	3,53	3,72	3,92
6	0,222	1,89	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,7	1,98	2,26	2,55	2,83	3,11	3,4	3,68	3,96	4,25	4,53	4,81	5,09	5,38	5,66
7	0,302	2,20	0,38	0,77	1,16	1,54	1,93	2,31	2,7	3,08	3,47	3,85	4,24	4,62	5,01	5,39	5,78	6,16	6,55	6,93	7,32	7,7
8	0,395	2,51	0,5	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	5,53	6,04	6,54	7,04	7,55	8,05	8,55	9,05	9,56	10,06
9	0,499	2,83	0,64	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72	6,36	7	7,63	8,27	8,9	9,54	10,18	10,81	11,45	12,08	12,72
10	0,617	3,14	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,06	7,85	8,64	9,42	10,21	10,99	11,78	12,56	13,35	14,13	14,92	15,7
11	0,746	3,46	0,95	1,9	2,85	3,8	4,75	5,7	6,65	7,6	8,55	9,5	10,45	11,4	12,35	13,3	14,25	15,2	16.15	17,1	18,05	19
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,17	11,3	12,43	13,56	14,69	15,82	16,95	18,08	19,21	20,34	21,47	22,6
13	1,042	4,08	1,33	2,66	3,99	5,32	6,65	7,98	9,31	10,64	11,97	13,3	14,63	15,96	17,29	18,62	19,95	21,28	22,61	23,94	25,27	26,6
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,7	9,24	10,78	12,32	13,86	15,4	16,94	18,48	20,02	21,56	23,1	24,64	26,18	27,72	29,26	30,8
15	1,387	4,71	1,77	3,54	5,31	7,08	8,85	10,62	12,39	14,16	15,93	17,7	19,97	21,24	23,01	24,78	26,55	28,32	20,09	31,86	33,63	35,4
16	1,588	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09	20,1	22,11	24,12	26,13	28,14	30,15	32,16	34,17	36,18	38,19	40,2
17	1,782	5,34	2,27	4,54	6,81	9,08	11,35	13,62	15,89	18,16	20,43	22,7	24,97	27,24	29,51	31,78	34,05	36,32	38,59	40,86	43,13	45,4
18	1,998	5,65	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	15,24	17,78	20,32	22,86	25,4	27,94	30,48	33,02	35,56	38,1	40,64	43,18	45,72	48,26	50,8
19	2,226	5,97	2,84	5,68	8,52	11,36	14,2	17,04	19,88	22,72	25,56	28,4	31,24	34,08	36,92	39,76	42,6	45,44	48,28	51,12	53,96	56,8
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,56	15,7	18,84	21,98	25,12	28,26	31,4	34,54	37,68	40,82	43,96	47,1	50,24	53,38	56,52	59,66	62,8
21	2,719	6,60	3,46	6,92	10,38	13,84	17,3	20,76	24,22	27,68	31,14	34,6	38,06	41,52	44,98	48,44	51,9	55,36	58,82	62,28	65,74	69,2
22	2,984	6,91	3,8	7,6	11,4	15,2	19	22,8	26,6	30,4	34,2	38	41,8	45,6	49,4	53,2	57	60,8	64,6	68,4	72,2	76
23	3,261	7,23	4,15	8,3	12,45	16,6	20,75	24,9	29,05	33,2	37,35	41,5	45,65	49,8	53,95	58,1	62,25	66,4	70,55	74,7	78,85	83
24	3,551	7,54	4,52	9,04	13,56	18,08	22,6	27,12	31,64	36,16	40,68	45,2	49,72	54,24	58,76	63,28	67,8	72,32	76,84	81,36	85,88	90,4
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,64	24,55	29,46	34,37	39,28	44,19	49,1	54,01	58,92	63,83	68,74	73,65	78,56	83,47	88,38	93,29	98,2
26	4,168	8,17	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,71	42,48	47,79	53,1	58,41	63,72	69,03	74,34	79,65	84,96	90,27	95,58		
27	4,495	8,48	5,73	11,46	17,19	22,92	28,65	34,38	40,11	45,84	51,57	57,3	63,03	68,76	74,49	80,22	85,95	91,68	97,41			
28	4,834	8,80	6,16	12,32	18,48	24,64	30,8	36,96	43,12	49,28	55,44	61,6	67,76	73,94	80,08	86,24	92,4	98,56				
29	5,185	9,11	6,61	13,22	19,83	26,44	33,05	39,66	46,27	52,88	59,49	66,1	72,71	79,32	85,93	92,54	99,15					
30	5,549	9,42	7,07	14,14	21,21	28,28	35,35	42,42	49,49	56,56	63,63	70,7	77,77	84,84	91,91	98,98						
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,12	32,16	40,2	48,24	56,28	64,32	72,36	80,4	88,44	96,48								

De dik gedrukte afmetingen zijn die van de in den handel meest courante rondijzeren staven. Hiervan zijn de staven, dik 5 mM, verkrijgbaar in lengten van 4,5 à 5 M, de overige in lengten van 4,5 à 5 en 11 en 12 M. Evenwel kunnen de Hüttewerke ijzer leveren in lengten tot over de 22 Meter.

staven op kleine afstanden betere constructie dan dikke op groote afstanden. Verdeelstaven komen op afstanden van 10—40 cM en krijgen een dikte van 3—7 mM.

Bovenwapeningen worden daar aangebracht, waar momenten optreden en bij de opleggingen. Voor opname der schuifspanningen, vooral de horizontale, brenge men verticale wapening met beugels aan, of buige men de onderstaven om. De balken van vloerconstructies worden in het metselwerk van de dragende muren geleid en wel tenminste 33 cM, terwijl de plaat eveneens daarin wordt opgenomen. Bij kolommen neme men de horizontale wapening hoogstens op een afstand van 50 cM; het beste zijn spiraalwapeningen, daar zij de betonkern beter omsluiten. De spiraalwapeningen geven 3 à 4 maal zoo groot weerstandsvermogen. Eenige langswapening blijft bij zuilen noodig om bij niet centrische belasting ook buigspanningen te kunnen opnemen. Gewelven met groote overspanning en sterk wisselende belasting krijgen onder- en bovenwapening.

Bij gelijkmatig belasting en parabolischen vorm of in het algemeen wanneer geen buigingsmomenten optreden is het aanbrengen van deze wapening dicht aan den onderkant van het gewelf voldoende, welke dan nog kan worden versterkt door een tweede wapening in de ruggen van af de geboorte van het gewelf tot de breukvoeg.

De staven worden aan elkaar verbonden met gegloeid ijzerdraad van 1 mM dikte; het lasschen der staven geschiedt door de einden minstens over een afstand van 25 maal de grootste dikte van het ijzer naast elkaar te leggen en met dun ijzerdraad te omwinden; bij dikke staven ook wel door middel van moffen.

De verbinding geschiedt natuurlijk het best daar, waar het ijzer het minst belast wordt, d. i. algemeen in de ombuigingen.

Uitvoering van verschillende gewapendbetonconstructies.

Platen.

In platen mag volgens de G. B. V. de ruimte tusschen de staven der hoofdwapening niet kleiner dan 2,5 mM en niet grooter dan 25 cM en in geen geval grooter dan 2 maal de plaatdikte zijn. Verder moet een verdeelwapening worden aangebracht, waarvan de doorsnede minstens 20% bedraagt van die der hoofdwapening.

Platen met enkele wapening (onderwapening).

Platen met enkele wapening worden alleen bij kleine overspanningen en geringe hoogten toegepast en daar, waar zuivere oplegging plaats heeft.

Voor de meest economische constructie verkrijgt men ongeveer het volgend verband tusschen betonspanning en ijzerspanning:

ijzerspanning	800	900	1000	1100	1200	KG/cM²
betonspanning	45	50	60	65	70	KG/cM²

waarbij met de tegenwoordige prijzen 1 M³ beton op f 45 en 1 KG ijzer met stellen op f 0,40 aangenomen is.

Daar spanningen hooger dan hoogstens 60 KG/cM² voor het beton volgens de G. B. V. niet toegelaten worden, blijkt dus, dat men in zulke constructies voor de ijzerspanning niet hooger behoeft te gaan dan ongeveer 1000 KG/cM².

Platen met dubbele wapening (onder- en boven).

Enkele platen met dubbele wapening komen het meest voor in den vorm van *brugplaten*. Men gaat hierbij tot geen grooter overspanning dan 5 Meter. Berekend voor een treinbelasting van vrachtauto's van 9 ton met asdrukken van 6 en 3 ton bij 2 M breedte en 3,10 M asafstand en voor een verhardingslaag van 0,20 M in het midden en 0,15 M aan de kanten zal de plaatdikte minstens moeten zijn:

$$0{,}11 + 0{,}05\ l \quad cM$$

waarin l de wijdte der overspanning in M.

De wapening bedraagt daarbij van 2,5% voor de kleinere platen tot 1,7% voor de grootere, gemiddeld 1,9% alles inbegrepen. Voor de lengte der oplegging kan men rekenen:

$$a = 0{,}15 + 0{,}05\ l \quad cM$$

waarin l de wijdte der overspanning in M.

Ombuiging der onderstaven kan geschieden op ongeveer $^1/_6$ van de overspanning gerekend van af het hart der oplegging.

Balken.

In balken mag volgens de G. B. V. 1918 de horizontale afstand tusschen de hoofdstaven der wapening niet kleiner zijn dan de staafdikte met een minimum van 2,5 cM en een maximum van 15 cM, uitgezonderd op de plaatsen, waar lasschen worden aangebracht. Eveneens moet de afstand tusschen boven elkaar gelegen staven minstens 1 cM zijn. Verder moet algemeen minstens de helft van het aantal staven

der hoofdwapening, dat in het midden voorkomt, worden omgebogen. Verder zijn altijd beugels aan te brengen op onderlingen afstand van hoogstens 30 cM.

De breedte van de rib van T balken wordt gekozen uit practische overwegingen en naar de grootte der wapening. Zij bedraagt gewoonlijk voor de verschillende momenten als volgt bij voordeelige materiaalverdeeling:

Moment tot	5 000 000	KG cM	b =	40 cM
,, ,,	4 000 000	,, ,,	,, =	35 ,,
,, ,,	3 000 000	,, ,,	,, =	30 ,,
,, ,,	2 000 000	,, ,,	,, =	25 ,,
,, ,,	1 000 000	,, ,,	,, =	20 ,,
,, ,,	500 000	,, ,,	,, =	15 ,,

Bij hoogere balken kan natuurlijk de ribbreedte kleiner genomen worden. Dikwijls is men evenwel aan een zekere constructiehoogte gebonden en zijn dus h, b, d en a (zie bldz. 362) gegeven.

Vloeren van gewapend beton.

De meest voorkomende constructie is de plaat-balkvloer.

De practijk leert, dat in het algemeen 0,8 % wapening economisch is, bij solidere constructies tot 1,2 %.

De hoogte h—d in cM is dan veelal niet meer dan 2,5 maal het getal ,dat de ijzerdoorsnede in cM^2 uitdrukt.

De flens of vloerdikte d wordt gevonden uit de berekening van de plaat, welke over eenige evenhoog gelegen steunpunten (de plaatsen der moerbinten) gelegen is of zij wordt vooraf aangenomen (8—16 cM.)

In het algemeen leert de practijk ,dat de vloerdikte kan zijn bij niet te onvoordeelige verdeeling der binten (± 3 Meter):

8 cM	(minimum maat)	bij belastingen tot	400 KG/M²
9 ,,		,, ,, ,,	600 ,, ,,
10 ,,		,, ,, ,,	800 ,, ,,
12 ,,		,, ,, ,,	1200 ,, ,,
14 ,,		,, ,, ,,	1500 ,, ,,
16 ,,		,, ,, ,,	2000 ,, ,,
18 ,,		,, ,, ,,	2500 ,, ,,
20 ,,		,, ,, ,,	3000 ,, ,,

Voornamelijk in Amerika is een andere vloerconstructie het z.g. *Mushroom-systeem* van den uitvinder *Turner* (fig. 1) in zwang, waarbij alle balken vervallen en de vlakke doorgaande dunne betonijzervloeren rechtstreeks op de kolommen rusten. De balkversterkingen vervallen hierbij, daar de wapeningen in vier richtingen gaan evenwijdig aan alle verbindingslijnen der kolommen. De kapiteelen der kolommen houden door hun radiale en ringbewapening het scheuren tegen en vangen de buigingsmomenten op. De uitvoering is goedkooper en door het ontbreken van balken spaart men constructiehoogte uit (bij gelijke bouwhoogte ± 10 à 15 % meer bergruimte dan bij gewone balkvloeren). De bekisting wordt goedkooper en gemakkelijker aan te brengen en te verwijderen. De vloerdikte is wel grooter, maar is ook wegens de wapening beter bestand tegen trillingen.

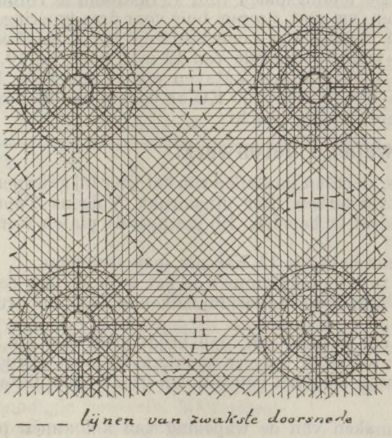


Fig. 1.

De berekening geschiedt empirisch naar de gewone formules met door *Turner* ingevoerde coëfficiënten nl. geldt voor het moment:

$$M_X = B \cdot W \cdot L = d \cdot f.$$

en voor de doorbuiging:

$$\delta = D \frac{W \cdot L^3}{\Sigma A d^2}$$

waarin: W de totale op een plaat gelijkmatig verdeelde last, in lbs.
L de overspanning in foot
A de doorsnede van een wapeningsstaaf in sq inch.
d de plaatdikte in inch.
f de spanning in de staaf in lbs per sq inch
en B en D coëfficiënten en wel
B = $^1/_{50}$ en D = $^1/_{7000}$ welke waarden constanten zijn voor zekere verhouding tusschen middellijn kolomkop of uiterste cirkelvormige bewapeningsstaaf en de minimum afstand der kolommen, welke verhouding dan moet liggen tusschen $^7/_{16}$ en ½. De breedte der stavenbundels is steeds gelijk aan de breedte der kolomkoppen. Is de kolomkop b.v. met ¼ L middellijn, dan worden de coëfficiënten grooter.

Voor de uitvoering van andere soort vloerconstructies, zie bij „Vloeren en Balklagen (bldz. 993).

Palen van gewapend beton.

Heipalen.

De palen zijn driehoekig, kwadratisch of vijfhoekig van doorsnede. Zij worden na een verharding van 4—6 weken geheid.

De doorsnede van het langsijzer bedraagt gewoonlijk 1—2 % van de betondoorsnede. De dwarswapening geschiedt door beugels of spiralen en moet vooral bij kop- en punteinde met zorg worden aangebracht. De palen kunnen liggende worden gestampt; die van grootere lengte dan 10 M moeten worden voorzien van speciale wapening om ze tegen spanningen gedurende het transport bestand te maken. Bij palen tot 8 M lengte is een doorsnede van 32 cM in het vierkant voldoende; boven deze lengte tot 14 M, 36 cM en bij nog langere palen is de vijf- of zeshoekige vorm te verkiezen.

Het heien moet geschieden met zware blokken tot 4 ton gewicht, maar bij geringe hefhoogte (van ± 50 cM). Gemiddeld kan men rekenen op 6 tot 8 palen per dag bij ± 10 M paallengte.

Funderingspalen in het werk vervaardigd.

(Zie hiervoor onder „Heipalen en heiwerk" bldz. 795).

Draagpalen of masten voor het dragen van geleidingen, enz. kunnen worden gemaakt geheel massief, hol of in vakwerkvorm. De eerste worden het sterkst door de vormen geheel snel om de lengteas rond te wentelen, waardoor het beton onder druk komt. Palen tot 12 M lengte zijn op deze wijze vervaardigd. De vakwerkpalen worden liggende gestampt of gegoten. De leidingspalen voor sterkstroom te Toronto waren vierkant met afgeschuinde hoeken en met ijzeren buis voor draadvoering in het hart. Bij 7,25 M lengte waren zij 0,20 × 0,20 M aan den voet en $0{,}12^5 \times 0{,}12^5$ aan den top en bewapend met 4 staven van vierk. doorsnede van 10 mM zijde; bij 10,50 M lengte zwaar 0,25 × 0,25 en 0,16 × 0,16 M met 4 staven van 12 mM zijde. De platen waren berekend op horizontale kracht van 200 KG op 0,60 M van den top. Aan den voet was nog extra staafbewapening aangebracht.

Kosten van gewapend betonwerk.

De berekening van loonen voor buigen, vlechten, en stellen van het ijzer bij gewapend betonwerken wordt veelal per KG te verwerken ijzer uitgedrukt. Volgens *Taylor* is het beter deze kosten per constructiedeel te bepalen. Bij gewapende platen wordt het loon per M² berekend.

Het transport van het ijzer wordt door hem op 27 KG per man genomen.

Bij het maken van de wapening van zuilen of kolommen is het voordeeliger deze buiten het werk op bokken te vlechten en dan op te stellen; bij balken of liggerconstructies is het juist omgekeerd.

Rekent men de opgaven van *Taylor* per gewicht om, dan krijgt men voor f 0,30 uurloon gemiddeld ongeveer 0,9 cent per KG ijzer, hetgeen weinig is en moet worden toegeschreven aan de eenvoudiger wapening door het gebruik van groote staafdikten en weinig beugels.

Benoodigde tijd in minuten voor het maken van de wapening van kolommen per kolom berekend volgens *Taylor* (buigen, op bokken leggen en stellen) storingen en rusttijden inbegrepen; beugels op 30 cM onderlingen afstand:

Dikte langsijzer mM	Dikte beugelijzer mM	4 langsijzers kolomhoogte			8 langsijzers kolomhoogte		
		1,80	3,60	5,40	1,80	3,60	5,40
12	5	45	79	120	71	125	186
18	6½	.49	95	140	79	149	220
25	8	62	118	180	100	188	276
32	9½	73	139	208	120	228	336
38	9½	84	163	240	144	273	401

Benoodigde tijd in minuten voor het maken van wapeningen van liggers of balken per stuk en per veldwijdte (buigen, leggen, en vlechten) volgens Taylor.

Dikte langsijzer mM	Dikte beugelijzer mM	Aantal langsijzers	waarvan rechte	waarvan weder-zijds gebogen	Overspanning tusschen de kolomassen			Aangenomen aantal beugels	Aangenomen beugellengte cM
					3 M	6 M	9 M		
12	6½	3	2	1	36	52	58	6	61
		3	1	2	33	45	52	4	61
		4	2	2	46	56	67	6	71
		5	2	3	53	67	82	6	76
		6	3	3	66	82	98	8	86
		8	4	4	92	110	134	12	102
18	6½	3	2	1	71	92	102	14	89
		3	1	2	59	74	89	8	89
		4	2	2	85	105	125	14	102
		3	2	5	96	123	149	14	114
		6	3	3	122	156	188	20	127
		8	4	4	167	211	254	28	145
25	9½	3	2	1	83	109	136	12	122
		3	1	2	69	100	126	6	122
		4	2	2	99	137	172	12	142
		5	2	3	122	153	210	12	158
		6	3	3	145	201	253	16	173
		8	4	4	201	277	350	22	203
32	12	3	2	1	99	138	175	10	152
		3	1	2	95	136	175	6	152
		4	2	2	126	178	225	10	173
		5	2	3	155	222	281	10	196
		6	3	3	190	267	338	14	216
		8	4	4	261	378	487	20	248

Het maken der formeelen en bekistingen.

De kosten der formeelen voor bogen (bij bruggen, enz.) stelt *Taylor* evenredig aan de som van hoogte en spanwijdte. Volgens hem kan men de benoodigde houthoeveelheid globaal als volgt aannemen:

som van hoogte en spanwijdte	10	20	30	40	50 M.
benoodigde hoeveelh. M³ formeelhout per M boogbreedte	2	4	8	16,6	25,6 M³.

Voor bekisting kan het dunne plaatijzer of blik nog niet dienen, daar het te geringe stijfheid bezit, gegolfd plaatijzer zou nog beter zijn.

Volgens *Taylor* is het kistinghout aan weerszijden te schaven en aan de randen te ploegen, terwijl messing en groef eer voordeelig dan schadelijk is. Volgens hem is bij kolommen een zwaarte van 25 mM voordeeliger dan 38 mM; bij veelvoudig gebruik is het laatste evenwel te verkiezen, waarbij aan het dwarshout grooter afstand is te geven. In het algemeen is het 25 mM hout voor bekisting van platen en zijvlakken van liggers te bezigen, 50 mM voor den bodem van liggers en 38 mM voor kolommen. Oud hout is beter dan nieuw. Het veranderen van oude bekistingen tot nieuwe kost 90 % meer dan het direct maken van nieuwe bekistingen. In het algemeen kan men dezelfde kisting van 25 mM bezigen

16-maal bij muren
10-maal bij liggers en zuilen
6-maal bij vloeren.

Bij huizenbouw moet men rekenen op 1½ maal de hoeveelheid voor een verdieping benoodigd, wanneer men goed weer heeft en voor elke verdieping een week tijd heeft. Daarom moet men in den winter meer rekenen. Volgens *Taylor* kan de bekisting worden verwijderd (waarbij evenwel verhouding tusschen eigen gewicht en belasting moet worden in aanmerking genomen) bij goed zomerweer bij muren 1 dag.

„ „ dunne wanden 2 dagen
kolommen 2 „
vloerplaten en liggerwanden tot 2 M spanwijdte 6 „
liggerbodems 2 weken
bogen 1—4 weken.

Bij het ontwerpen moet men acht geven, dat de enkele bekistingsdeelen in de volgende volgorde worden verwijderd:

1) kolommen 3) vloerplaten
2) liggerwanden 4) liggerbodems.

Balken en liggers geve men een steek van 2 mM per M overspanning.

Zeer practisch zijn spijkers met dubbelen kop, waarvan de eene kop de grens aangeeft voor indrijven en de andere het uithalen vergemakkelijkt en voor allerlei dienst kan doen.

In het algemeen is met inbegrip van stempels en stijlen het 3½-voudige van het houtvolume noodig, dat de kistplanken alleen uitmaken.

Het is niet goed, de hoeveelheid benoodigd kisthout afhankelijk te maken van het betonvolume; ook niet juist is het, haar naar het aantal veirkante meters oppervlak te berekenen. Zij moet worden bepaald per constructielid, alzoo per stuk.

Benoodigde tijd voor het maken van een vloerplatenbekisting, in uren per 10 M² (*nieuw hout vooropgesteld*) *volgens Taylor.*

(3 velden beteekent de constructie, waarbij de afstand der nevenliggers gelijk is aan het derde van den kolomafstand in dezelfde richting gerekend.)

Maken der bekisting			Opstellen en verwijderen voor den eersten keer			Herhaald opstellen en verwijderen bij gelijke afmetingen			Omwerken op kleinere afmetingen met het opstellen en verwijderen		
1 veld	2 velden	3 velden	1 veld	2 velden	3 velden	1 veld	2 velden	3 velden	1 veld	2 velden	3 velden
25 mM kisthout.											
1,51	1,38	1,26	4,56	4,31	4,04	3,50	3,23	2,96	3,85	3,50	3,15
30 mM kisthout.											
1,62	1,48	1,29	4,75	4,49	4,21	3,64	3,36	3,08	4,06	3,64	3,27

Verf- en teerwerk.

Litteratuur.

P. H. Bartels. Handboek voor schilders. Geïll. 1917. Æ. E. Kluwer, Deventer. Ing. f 3,90. Geb. f 5,—.
C. P. van Hoek. Beitsen, kleuren en oppervlaktebehandeling van hout. 3e druk. Æ. E. Kluwer, Deventer. 1919. Ing. f 1,75. Geb. f 2,50.
C. P. van Hoek. Het technisch schilderen. Ahrend & Zn. f 4,90.
C. P. van Hoek. Bibliotheek voor schilders. v. Mantgem en de Does, Amsterdam. Compleet en in afzonderlijke deelen verkrijgbaar.
Prof. D. A. van der Kloes en D. van der Beek. Handleiding voor den Verver en Glazenmaker. f 2,40.

Verven. *)

Bindmiddelen voor verven.

De lijnolie is een der sterkst drogende oliën en voldoet als bindmiddel het best aan de te stellen eischen. De lakverven zijn ook in zeer veel gevallen goed bruikbaar, maar moeten het in verschillende opzichten afleggen tegen de lijnolieverven in elasticiteit en duurzaamheid. Als bindmiddel dienen in sommige gevallen ook de papaver-, de noten-, en de zonnebloemzaadolie. Als verdunningsmiddel gebruikt men de terpentijnolie, benzine en dergelijke, terwijl bij het gebruik van slecht drogende oliën nog een zekere hoeveelheid sikkatief wordt toegevoegd, veelal in den vorm van een vloeibaar product.

De *lijnolie* dankt haar drogende eigenschappen aan de aanwezigheid van glyceriden van het linoleenzuur en het isolinoleenzuur, welke de eigenschap bezitten zuurstof uit de lucht tot zich te nemen en te oxydeeren. De lijnolie wordt verkregen door uitpersen van het zaad van de vlasplant, welke bij koude uitpersing een bijna kleurlooze olie met eenigszins gele tint en bij warme uitpersing een olie met donkergele kleur geeft. Technisch wordt de lijnolie onderscheiden in „magere" of „kwast" olie voor verfstofbindmiddel, in „zeer magere" voor vernisbereiding en in „vette" of „zeepzieders" olie voor de zeepfabricage. Vette olie droogt slechter dan de magere. Het inlandsch zaad geeft uitmuntende snel drogende lijnolie evenals het Oostzeezaad, hetwelk meer verontreinigingen bezit. Koude en warme persing hebben veel invloed op de hoedanigheid. In het groot wordt de olie tegenwoordig altoos door warme persing verkregen. Lijnolie is gemakkelijk te vervalschen.

Het soortelijk gewicht van lijnolie is:

bij 12° C	0,9395
„ 25° „	0,9300
„ 50° „	0,9125
„ 94° „	0,8815

Bij lang staan vormt de lijnolie een bezinksel (z.g. slijm); slijmvrije olie droogt beter dan olie, welke niet slijmvrij is gemaakt. Bij versche lijnolie staat de verf bovendien dof.

Men beproeft de olie door droogproeven te nemen in vergelijking met een standaardmonster van goede hoedanigheden. Goede, rauwe lijnolie droogt in 5—7 dagen. Verder is het soortelijk gewicht een hulpmiddel tot onderzoek. Is de olie met mineraalolie vervalscht, dan wordt dit door den reuk verraden; bij het drogen vormt zich tevens een vetlaagje op het lijnoliehuidje. (Zie voor het onderzoek verder de A. V. § 383). De lijnolie neemt verder bij drogen zeer aan gewicht toe door de opname van zuurstof uit de lucht.

Om de droogkracht van de lijnolie te vergrooten, wordt zij verwarmd onder toevoeging van verschillende metaalverbindingen.

Gekookte lijnolie verdient verre de voorkeur boven het gebruik van sikkatieven. Van eigenlijk koken is geen sprake en het is beter van verhitten te spreken. Men onderscheidt bij dit verhitten drie verschillende methoden.

---

*) Enkele gegevens zijn ontleend aan P. H. Bartels, Handboek voor schilders en C. P. van Hoek „Het technisch schilderen."

1e die, waarbij loodverbindingen aan de olie worden toegevoegd,
2e die, waarbij men gebruik maakt van mangaanverbindingen,
3e die, waarbij hars of lijnolie-zure metaalverbindingen worden aangewend.

Veelal is de op bruinsteen (mangaan) gekookte lijnolie meer aan te bevelen dan de op goudglit of menie gekookte.

Door koken wint de olie aan elasticiteit. Goede op loodoxyde en menie gekookte lijnolie is beter bestand tegen atmosferische invloeden dan de rauwe lijnolie en daarom voor buitenwerk meer aan te bevelen.

In den handel komen nog nieuwe soorten sneldrogende lijnolie voor, als Uviol-olie, enz. doch van de droogkracht dezer soorten wordt te hoog opgegeven. Om te onderzoeken, of de olie werkelijk gekookt is of met sikkatieven is bereid, kan men als volgt te werk gaan:

20 gram worden met overmaat van natriumhydroxyde verzeept; de waterige heldere oplossing met keukenzout vermengd, tot de zeep zich afscheidt. Na staan en voldoende afscheiding, filtreert men de vloeistof. Zuurt men het filtraat met azijnzuur sterk aan, dan wordt het bij gekookte lijnolie sterk melkachtig troebel, terwijl het bij ongekookte lijnolie helder of bijna helder blijft.

Evenals de rauwe lijnolie wordt de gekookte met harsolie, mineraalolie, traan en ongekookte lijnolie vervalscht, echter zeer zelden, daar de meeste oliën, welke voor vervalsching in aanmerking komen, evenduur of zelfs duurder zijn dan lijnolie De vermenging met harsolie kan men ontdekken door een paar druppels olie tusschen de vingers te wrijven en daarna den reuk te controleeren. Met verdund zwavel- of zoutzuur geschud, verkrijgt men behalve den witten neerslag van mangaan- of loodbestanddeelen, tevens een afscheiding van witachtige, kleverige kluiten. Ook kan men de lijnolie op het soortelijk gewicht beproeven.

Sikkatieven zijn de droogmiddelen, welke zonder verhitting aan een te slecht drogende olie kunnen worden toegevoegd om een sneldrogende te verkrijgen. Ook voor buitenwerk moet sikkatief meestal toegevoegd worden. Zij bestaan veelal uit zuiver bereide metaalzouten (veelal lood en mangaan) van sterk onverzadigde vetzuren van de olie, welke het drogen van de olie sterk versnellen.

Een der oudst bekende sikkatieven is het zwavelzure zink, hetwelk tegenwoordig vervangen is door betere. Van de poedervormige witte sikkatieven zijn loodsuiker en boorzure mangaan meer aan te bevelen. De „Société de la Vieille Montagne" brengt een poedervormig sikkatief in den handel, speciaal voor het gebruik in zinkwitverven. Het meest gebruikelijke is het vloeibare met bruinsteen bereide sikkatief van lijn- en terpentijnolie. Verder heeft men het zoogenaamde „olie-extract" nl. een loodhoudend sikkatief, dat ontstaat door lijnolie langen tijd met goudglit te verhitten. Tegenwoordig vindt men meer de harszure metaalsikkatieven.

Goede sikkatieven moeten met gele oker op glas uitgestreken bij normale kamertemperatuur in 15 minuten droog zijn en alleen uitgestreken in 30 minuten.

Standolie krijgt men door belegen lijnolie geruimen tijd op 320° te verhitten. Zij onderscheidt zich door buitengewone elasticiteit en duurzaamheid en verleent aan de verf een prachtigen glans. De olie heeft een blank bruingele of groenachtige kleur, droogt trager dan gewone lijnolie, maar wordt goed hard. Men onderscheidt drie soorten van standolie:

1. de zinkwitstandolie voor de bereiding van verf voor binnenwerk en welke dun vloeibaar is,
2. de dikke standolie voor menging onder afschilderverven voor buitenwerk,
3. de zeer dikke standolie voor het schilderen met Spaansch of Bremergroen, waardoor deze verven minder geneigdheid tot „zakken" vertoonen.

Men heeft ook standolie in den handel, die sterker drogend is dan de gewone soorten. De olie moet helder zijn en een weinig opaliseeren, het soortelijk gewicht moet ongeveer 0,965 en het aschgehalte ongeveer 0,1 % bedragen. Op een glasplaat met een dun laagje uitgestreken, moet zij binnen 5 etmalen droog zijn.

Terpentijnolie wordt aan de lijnolie toegevoegd als verdunningsmiddel en om het oxydatieproces te bespoedigen, daar zij gretig zuurstof absorbeert en deze weder aan de lijnolie afgeeft.

Volgens de A. V. § 385 moet de olie helder en kleurloos zijn. Op stofvrij wit papier gestreken, moet zij geheel opdrogen zonder achterlating van een gelen rand of eenig ander spoor van vette bestanddeelen.

De Duitsche, Zweedsche, Russische en Poolsche terpentijnolie of „kienolie" bevat

meer hars dan de Fransche, Amerikansche, Portugeesche en Cyprische soorten. Gerectificeerde terpentijnolie is olie, waaraan de scherpe reuk voor een groot deel is onttrokken en welke minder harsbestanddeelen bevat. Goede olie mag niet meer dan 1,5 % hars bevatten. Bij 15° C. moet het s. g. 0,85—0,87 zijn, terwijl één maatdeel terpentijn in 12 deelen alcohol van 80 % geheel moet oplossen.

Venetiaansche terpentijn moet witgeel van kleur en volkomen doorschijnend zijn; in consistentie moet zij overeenkomen met bijenhonig.

In alcohol van 95 % en van 90 % en in aceton, azijnzuur en amylalcohol moet zij geheel oplossen zonder overblijfselen achter te laten: mag niet naar pek rieken en door toevoeging van kalkhydraat (gebluschte kalk) niet hard worden.

Verdikte oliën (blown oils) krijgt men door halfdrogende oliën met lucht te behandelen. Deze produkten dienen ter vermenging met minerale smeeroliën (compound olie).

Waterglas wordt als bindmiddel van verven gebezigd voor onbrandbaar maken.

Caseïne of kaasstof, dat in melk voorkomt, is een uitnemend bindmiddel voor waterverf en te verkiezen boven lijm, daar het minder aan bederf onderhevig is, meermalen kan worden overgeschilderd en beter bestand is tegen vocht. Men heeft het als poeder gemalen en vloeibaar.

Lijm wordt eveneens als bindmiddel gebezigd bij waterverven. Men onderscheidt huiden- en beenderlijm. De eerste is niet zoo hard maar taaier dan beenderlijm. De Keulsche lijm is een der beste lijmen. De beste lijmoplossing krijgt men door de lijm in stukken te kloppen, in een pot met koud water te overgieten en daarin ± 6 uren te laten staan, vervolgens het water af te gieten en nieuw toe te voegen om de vreemde bijmengselen te verwijderen. Daarna wordt de lijm gesmolten. Dierlijke lijm is aan bederf onderhevig; om de lijm voor bederf te bewaren, moet men 1 % van het gewicht aan borax toevoegen, welke in kokend water opgelost wordt toegevoegd. Azijnzuurtoevoeging houdt de lijmoplossing ook na afkoeling dun vloeibaar. Plantenlijmen zijn in het algemeen niet zoo aan bederf onderhevig als dierlijke lijm, kleurloos en met koud water te verdunnen.

Prijzen van oliën en bindmiddelen.

Volgens de Amsterdamsche marktnoteering in de laatste jaren vóór den oorlog was de prijs van:

Rauwe lijnolie per HL . . . . f 21,— tot f 22,—
(belegen lijnolie per HL ongeveer f 0,50 duurder dan versche).
Gekookte lijnolie per HL . . . . f 24,50 tot f 25,—.
Dubbel gekookte lijnolie . . . . - 1,— per HL meer.
Gebleekte lijnolie (doorlucht) . . . . . - 40,— „ „
„ „ (doorkookt) . . . . . - 35,— „ „
Standolie . . . . - 32,— tot f 33,— per 100 KG
Papaverolie 1e kwaliteit . . . . - 70,— per HL.
„ 2e . . . . - 64,— „ „
Terpentijnolie (per fust van ± 160 KG) . - 28,— per 50 KG

In 1920 was de prijs van
lijnolie ongeveer f 100 per 100 KG
standolie „ f 130 „ „
terpentijnolie „ f 200 „ „
sikkatieven in blikken van 1—10 KG ongeveer f 150—f 180 per 100 KG.

Vernissen, lakken en bijmiddelen.

Vernissen onderscheidt men in olievernissen en spiritusvernissen. De eerste worden bereid met lijn-, terpentijn-, of houtolie, ook wel benzine, terwijl bij de laatste alleen spiritus van hoog percentage gebruikt wordt.

Vette vernissen bevatten meer olie dan hars, de magere meer hars dan olie.

Halfvette vernissen, waarvan het hars- en lijnoliegehalte gelijk is.

Black Varnish (koolteervernis) moet in carbolzuur oplosbaar zijn, volkomen zwart en uitgestreken na 2 uur volkomen droog zijn.

Op metalen uitgestreken en gedroogd moeten deze een glanzend aanzien hebben en mogen er geen naphthalinekristallen op de oppervlakte ontstaan.

Stopverf wordt vervaardigd van krijtwit, half gekookte en half ongekookte olie en verder met krijtwit opgewerkt; op vochtige plaatsen en onder water wordt zij met loodmenie opgewerkt.

De prijs van stopverf is (1920) ongeveer f 27 à f 30 per 100 KG.

Plamuur. Voor binnenwerk is de meest gebruikte plamuur de pijpaarde-plamuur, welke wordt vervaardigd door ± 1/3 pijpaarde te weeken en hier aan toe te voegen ± 1/3 dik in olie gemalen loodwit en ± 1/3 dik met gekookte olie aangemaakt krijtwit met iets sikkatief. Voor buitenwerk geven wij nog de volgende samenstelling: China-clay mengt men zeer dik aan met 1 deel vloervernis, 1 deel terpentijnolie en 1/3 deel standolie. Hierdoor roert men dik gemalen loodwit ter hoeveelheid van 2/3 van het eerst verkregen mengsel.

Plamuur wordt voor buitenwerk evengoed gebruikt als voor binnenwerk, daar zonder plamuur mooi werk is buitengesloten.

De prijs van plamuur is (1920) ongeveer 40 à f 50 per 100 KG.

Lakken heeft men in de volgende soorten van terpentijn bereid:

barnsteenlak	prijs	f 180	per	100 KG
binnenlak	,,	- 200	,,	,,
buitenlak	,,	- 300	,,	,,
meubellak	,,	- 180	,,	,,
flatting	,,	- 250	,,	,,
vloerlak	,,	- 200	,,	,,
vuurlak	,,	- 200	,,	,,

Silicaatverven.

Silicaatverven zijn verven aangemengd met waterglas en dienen in het algemeen voor bescherming tegen ontbranding. Zij kunnen uit zinkwit, krijt of kleurende verf worden samengesteld, waarbij liefst aardverven zijn te bezigen en geen loodhoudende of met gips vervalschte, daar deze de verf doen stollen. Proeven in Frankrijk genomen geven de volgende aanbevelenswaardige handelwijzen:

1. Men strijkt eerst de te bedekken oppervlakte aan met een oplossing van waterglas van 22 graden Beaumé, verft dan met een oplossing van 24 graden, waarin de verlangde minerale verf, zooals zinkwit, zwartsel, etc. geroerd zijn en neemt ten slotte een oplossing van 26 graden, waarin een der volgende mengsels aangemaakt is.

Water 49,40%, waterglas 4,8%, krijt 35,4% permanentwit 8,75%, ultramarijn en zwartsel elk 1,65%.

Water 67,35%, waterglas 11,05%, krijt 19,1%, trippel 1,2%, aluminiumverf 1,2%, zwartsel 1,3%.

Water 41,55%, waterglas 11,7%, krijt 41,65%, trippel 1,5%, aluminiumverf 1,5%, zwartsel 3,6%.

Water 56,2%, waterglas 11,6%, krijt 10%, talk 21,6%, ultramarijn 0,6%, zwartsel 0,6%.

Water 56,1%, waterglas 11,3%, krijt 11,9%, talk 20,1%, ultramarijn 0,6%, zwartsel 0,6%.

Deze vijf recepten geven alle een grijze kleur. Onder talk wordt verstaan speksteenpoeder. Voor een blauwe verf kan het volgende dienen:

Water 65,4%, waterglas 13,2%, ultramarijn 1,5%, krijt 4,3%, zinkwit 15,2%, ijzerrood 0,4%, aluminiumverf 0,4%. Alles dient zorgvuldig gemengd en vermalen te zijn.

Caseïneverf is een waterverf voor binnenwerk. Voorstrijken met een zeep- of aluinoplossing is aanbevelenswaardig. De verf wordt vervaardigd door krijt of zinkwit in water dik aan te roeren en eenige uren te laten staan tot de oorspronkelijke massa homogeen is geworden. Daarna wordt vloeibare caseïne toegevoegd ,tot de verf niet meer afgeeft. De in den handel zijnde poeder- of pastavormige koudwaterverven bezitten veelal als bindmiddel caseïne en kalk. Om ze op te lossen gebruikt men ammoniak, kalkwater of een boraxoplossing, daar zij in water onoplosbaar zijn. De bindkracht der poedervormige koudwaterverf gaat bij lang staan eenigszins verloren.

Lijmverf.

Lijmverven verkrijgt men door fijn krijt eenigen tijd vóór het gebruik met koud water aan te roeren en er zooveel gesmolten lijm aan toe te voegen, tot de verf na droging niet meer afgeeft. De verf mag ook niet stijf worden. De verfstoffen worden van te voren met water aangemengd alvorens ze toe te voegen. Bij het verven bezige men geen gewone, maar lijmplamuur, gevormd door aan de lijmverf wat meerlijmoplossing toe te voegen en met krijtwit tot een dikke pasta aan te maken. Kalk en gipsplamuur geven vlekken.

Cellonlakken.

Cellonlakken zijn oplossingen van het cellon, een op celluloid gelijkend, doch hiervan chemisch verschillend, niet of nauwelijks brandbaar, plastisch materiaal, in een zeer vluchtig oplosmiddel. Cellonlakken komen in groote verscheidenheid voor, al naar het doel, waarvoor zij moeten worden gebruikt.

Men heeft *dun vloeibare*, welke met penseel kunnen worden opgebracht en binnen drie uur drogen; *cellon-sproeilakken*, die zeer dun vloeibaar zijn, *cellondompellakken*, dit zijn sterk geconcentreerde dik vloeibare lakken, waarin voorwerpen worden gedompeld of waarmede ze worden begoten, *cellon-impregneerlakken* en *dik vloeibare cellonlakken*. Er zijn groote verschillen in consistentie en met betrekking tot hardheid en isoleerend vermogen, hechtvermogen, verhouding der metalen, bestand zijn tegen warmte, enz. De harde lakken leveren lagen, die eerst bij 200° C. beginnen te veranderen, normale cellonlakken, welke bij 120 à 180° C. en zachte, welke bij 70 à 80° C. week worden.

Lakverven.

Ripolin is een lakverf voor de buitenlucht. De z.g. *enamels* drogen wel vlug, maar vertoonen onder den invloed van weer en temperatuur spoedig barsten en worden dof.

Ripolinverf voor binnen- en buitenwerk (drogende in 8—10 uren) prijs per KG naar gelang van de kleur f 2,50 à f 4,—.

Ripolin-radiatorenverf (op schoongemaakt metaal of bij poreuzen ondergrond op te effenen oppervlak met gronden of plamuur). In de meeste gevallen 2 lagen voldoende. 1 KG verf voor een oppervlak van 6—8 M^2 éénmaal beschilderd. Prijs per KG naar gelang van de kleur f 3,— tot f 5,—.

Prijzen van andere lakverven f 210 à f 375 per 100 KG.

Japanlakken van zinkwit f 160 à f 180 per 100 KG.

Verfstoffen.

Grondverven zijn loodwit, zinkwit, (lood)-menie en ijzermenie. De deugdelijkste verf is die, welke lijnolie tot bindmiddel heeft en loodwit of loodmenie tot verfstof; ook het Spaansch en Bremergroen kunnen met lijnolie een ondoordringbare verflaag vormen. Zinkwit gaat met de lijnolie wel een verbinding aan ,maar de verflaag is tamelijk poreus en biedt geen volmaakte afdekking van het geschilderde materiaal.

Zinkwitverven hebben geringer dekkend vermogen dan loodwitverven; het specifiek gewicht van zinkwit is ook geringer.

Het rapport der commissie in 1903 benoemd, ten einde te onderzoeken, in hoever hier te lande loodwitverf door zinkwitverf of op andere wijze ware te vervangen, bevatte de volgende conclusies:

1. Zinkwitverven zijn veel beter bestand tegen de inwerking van zwavelwaterstofgassen dan loodwitverven, die daardoor spoedig bont en zwart worden. Waar zulke gassen b.v. aan stinkende grachten in onze steden veel voorkomen, zullen zinkwitverven loodwitverven met vrucht kunnen vervangen.
2. Zinkwitverven zijn niet zóó bestand tegen veelvuldige inwerking van zwaveligzuur houdende dampen als loodwitverven. Waar deze dampen o.a. voorkomen in den steenkolenrook van locomotieven, stoombooten, fabrieksschoorsteenen, enz. daar zullen zinkwitverven, sterk aan zulken rook blootgesteld, zooals aan stationsoverkappingen enz. snel verteerd zijn en kunnen zij aldaar het loodwit stellig niet vervangen.
3. Zinkwitverven, mits niet aan veelvuldige inwerking van zwaveligzuur houdende dampen blootgesteld en aangebracht op zink, portlandcement of ijzer, dit laatste na van grondlagen van ijzer- of loodmenie te zijn voorzien, houden het gedurende 5 jaren in de buitenlucht evengoed uit als loodwitverven en kunnen deze aldaar geheel vervangen.
4. Zinkwitverven, mits niet aan veelvuldige inwerking van zwaveligzuur houdende dampen of groote vochtigheid blootgesteld en aangebracht op hout, ijzer, zink, portlandcement en pleister, houden het voor binnenverfwerken evengoed uit als loodwitverven en kunnen deze aldaar geheel vervangen.
5. Zinkwitverven, mits niet aan de veelvuldige inwerking van zwaveligzuur houdende dampen blootgesteld en aangebracht op hout, zullen het in de buitenlucht in vele gevallen gedurende 5 jaren even goed uithouden als loodwitverven en deze met vrucht kunnen vervangen, doch op alle plaatsen, waar langdurige vochtopeenhoopingen plaats hebben, zooals aan raamregels, onderkanten van lijstwerken en

dergelijke, dikwijls reeds na 3 à 4 jaren en daarna meestal in een kort tijdsverloop, zóóveel verminderen, dat oververven voor behoud der houtwerken noodig wordt; zij staan daarin dus bij loodwit ten achter.

6. Zinkwitverven, zooals de loodwitcommissie met vrucht gebruikte, dekken minstens evengoed als de hier te lande gebruikelijke loodwitverven. Het zinkwitplamuur door de loodwitcommissie gebruikt, is even bruikbaar als het gewone loodwitplamuur.

7. Het verven met zinkwitverf, zooals de loodwitcommissie op nieuw werk in de buitenlucht gebruikte, is niet duurder dan met de daarvoor gebruikte loodwitverven.

8. Verven op bestaand geverfd werk z.g. oververven, in de buitenlucht, met zinkwitverven zooals de loodwitcommissie gebruikte, is zóóveel duurder dan met de daarvoor gebruikelijke loodwitverven, als het met zinkwit geverfde hout meer kosten veroorzaakt om het voor het oververven wederom even geschikt te maken als het in loodwit geverfde hout om in loodwit afgeverfd te worden.

Bij geverfde houtwerken, aan de buitenlucht blootgesteld, is bovendien de mogelijkheid niet uitgesloten, dat zij, waar zij in ongunstigen vochtigheidstoestand verkeeren (zie 5), eenigen tijd eerder zullen overgeverfd moeten worden dan wanneer zij aldaar in loodwit waren geverfd.

In die omstandigheden vermeerderen nogmaals de kosten van onderhoud der met zinkwit geverfde houtwerken, aan de buitenlucht blootgesteld, in verband met dien korteren duur, tegenover met loodwit geverfde houtwerken.

9. Lithoponverven kunnen de loodwitverven in de buitenlucht niet vervangen, omdat zij daarin geheel ondeugdelijk zijn gebleken.

10. Voor werken boven water zijn grondverflagen in ijzermenie gedurende 5 jaren even deugdelijk en bruikbaar gebleken als grondverflagen in loodmenie.

Voor verflagen onder water is ijzermenie niet te gebruiken.

IJzermenieverflagen zijn goedkooper dan loodmenieverflagen.

Het verven met gebruik van ijzermenie als grondlaag vordert voor het welslagen van het oververfwerk echter veel meer technisch beleid dan bij gebruik van loodmenie noodig is".

Het *loodwit* is basisch loodcarbonaat volgens de formule $Pb_2(OH)_2CO_3$ en dekt volgens de Hollandsche methode bereid, veel beter dan dat, hetwelk volgens het Duitsche kamersysteem is vervaardigd, terwijl de Fransche bereidingsmethode een nog veel slechter dekkende loodwitsoort levert. Het Hollandsche loodwit bestaat uit ongeveer 65 % loodcarbonaat en de rest loodhydroxyde, het Duitsche bevat meer loodcarbonaat. Het loodcarbonaat geeft de mooie witte kleur en het loodhydroxyde het dekvermogen en de duurzaamheid van de verf.

Onderzoek van loodwit: Het soortelijk gewicht van loodwit zal stijgen naarmate het loodhydroxydegehalte grooter is. Uit vergelijking met een monster van bekende kwaliteit kan men het verschil voldoende opmaken. Heeft men een zekere hoeveelheid zuiver gedestilleerd water in een maatglas en voegt men daarbij een zuiver gewogen hoeveelheid loodwit, dan is uit de volumevermeerdering het soortelijk gewicht daarvan te bepalen. Langs scheikundigen weg kan men het loodwit onderzoeken door bepaling van het koolzuurgehalte.

In de oxydatievlam verandert het loodwit van wit in geel en bij de reductievlam ontstaat metallisch lood. De vervalsching geschiedt veelal met krijt, bariumsulfaat, pijpaarde of loodsulfaat. Zuiver loodwit lost geheel op in salpeterzuur, hetgeen de bovengenoemde toevoegingen (behalve krijt) niet doen, zoodat men hierin eenige aanwijzing heeft.

Het *zinkwit* is zinkoxyde (ZnO) en wordt tegenwoordig uitsluitend voor het afschilderen van binnenwerk gebruikt. Het uit zinkblende bereide zinkwit bevat nog loodoxyde (PbO) hetgeen met behulp van zwavelwaterstof te onderscheiden is. De vervalsching geschiedt veelal met zwaarspaath, caoline, calciumcarbonaat, enz. Het Recour of Maastrichtsch zinkwit en Amerikaansch zinkwit heeft de meeste dekkracht. Het Silezisch zinkwit gebruikt men voor fijne tinten.

Andere witte verfstoffen zijn:

Lithopon-wit (Griffitswit) is een ondeugdelijke verfstof vooral voor buitenwerk, daar het geheel niet tegen vochtigheid kan en sterk verkleurt; het bestaat uit een mengsel van bariumsulfaat en zinksulfide, welk laatste gehalte de waarde van het lithopon bepaalt.

Permanent-wit (blanc fixe) dat niets anders is dan bariumsulfaat ($BaSO_4$) en alleen als water- en lijmverfstof wordt gebezigd, en zeer kleurhoudend is; het wordt in hoofdzaak gebruikt voor het vervalschen van verfstoffen.

Loodmenie als grondverf nog beter dan loodwit, bestaat uit een verbinding van lood met een overmaat van zuurstof. De beste handelssoorten hebben de formule PbO_2, 3 PbO. De menie wordt betrekkelijk veel vervalscht, zeer dikwijls met zwaarspaat.

Volgens de A.V. § 386 moet de kleur helder oranje zijn, en mag het s.g. niet minder bedragen dan 3,18. Als de menie met verdund zwavelzuur gedurende eenigen tijd verwarmd en het treksel gefiltreerd wordt, mag de gefiltreerde vloeistof door zwavelwaterstofwater noch door overvloedige ammonia gekleurd of neergeslagen worden.

Gekookt met salpeterzuur, waarin een weinig suiker gevoegd, moet zij in water verdund een heldere oplossing geven.

IJzermenie bestaat uit 50—85% ijzeroxyde en is tegenover de olie volkomen onzijdig. Een hoog gehalte aan ijzeroxyde is geen waarborg voor mooiere tint of hoogere kleur. Het dekt minder goed dan loodmenie, maar is veel goedkooper en niet giftig.

Prijzen van droge verfstoffen.

Prijzen van grondverven. Volgens de Amsterdamsche marktnoteering der laatste jaren vóór den oorlog:

	Prijs per 100 KG
Chemisch zuiver oud Holl. loodwit (diverse merken)	f 29 à f 32
„ (volgens het syndicaat der United Lead Comp.)	- 22 à - 24
„ zuiver (buitenlandsch der United Lead Comp.)	- 28 à - 30
„ „ zinkwit (diverse merken)	- 34 à - 38
„ (volgens het syndicaat der New-Yersey Zinc Comp.)	- 24 à - 28
„ zuiver Amerikaansch zinkwit	- 28 à - 32
Dekkend zinkwit	- 28 à - 32
Chemisch zuivere Engelsche menie	- 27 à - 28
„ „ Duitsche „	- 26 à - 28

In 1920 waren de prijzen per 100 KG van:

Chemisch zuiver zinkwit (Roodzegel Nr. 1 van de Maastrichtsche Zinkwit My.)	f 85 à f 95
idem Groenzegel van de Vieille Montagne	- 80 à - 95
Loodwit	- 95 à -105
Loodhoudend zinkwit	- 50,—
Loodmenie	- 72,—
IJzermenie 96%	- 30,—
Lithopon in olie	- 85,—

De verschillende andere verfstoffen worden gebruikt voor bepaalde doeleinden en met verschillende eigenschappen, als daar zijn:

voor buitenwerk, aan te duiden door A
„ binnenwerk, „ „ „ „ J
„ olie en olielak, „ „ „ „ O
„ spiritusvernis, „ „ „ „ S
„ lijmwater, „ „ „ „ W
„ lichtecht, „ „ „ „ L
zeer standhoudend, „ „ „ „ I
weerstand biedend aan kalkverbindingen „ K
„ „ „ cementmortel „ C

Zwarte verfstoffen	Prijs per vat van 50 KG	vóór den oorlog	in 1920
Cementzwart	C, L,	f 11—13	
Ivoorzwart	O, S, W,	- 26—28	
Frankfurter zwart	W,	- 7— 9	
Lakzwart	O, S,	- 30—36	
Oliezwart	O,	- 15—17	
Parijszwart	O,	- 17—24	f 35,—
Zweedsch zwart	O, W,	- 9—13	
Olieroetzwart	O, W,	- 17—20	
zeer fijn	„ „	- 52—54	- 80,—

Grijze verfstoffen. Prijs per vat van 50 KG	vóór den oorlog	in 1920
Diamantgrijs A, J, O, L, ...	f 11—17	
(van zeer licht tot donker ,staal- en blauwgrijs)		
Zilvergrijs A, J, O, L, ...	- 38—40	
Filling up (naturel, licht en donker, bruin- en roodachtig) . .	- 9—11	
Groene verfstoffen.		
Groen ultramarijn		
Groenaarde, een natuurproduct (steengroen) heeft bestendige kleur		
Rimmansgroen (CoO met ZnO samengesmolten) bestendige kleurstof		
Kalkgroen J, W, K, ...	- 9—15	
Brillant-kalkgroen J, W, K, ...	- 11—15	
Chromaatgroen (mengsels van chromaatgeel en Berlijnsch blauw,	-	
ook wel met witte kleurstoffen) (geel, licht, middel en donker) A, J, O, L, ...	- 13—17	
Brillant chromaatgroen (licht, middel en donker) A, J, O, W, L,	- 13—22	
Bavaria (chromaatgroen) A, J, O, S, L, ...	- 30—32	
Blauwgroen (chromaatgroen) A, J, O, L, ...	- 17—20	
Bronsgroen (allerlei mengsels van chrom. geel, oker, enz. (chromaatgroen)	-	
Chemisch zuiver (chromaatgroen) (CrO_3 en $Cr_2O(OH)_4$) bestendige kleur A, J, O, W, L, ...	- 17—20	
Lokomotiefgroen (,,) A, J, O, L, ...	- 72—84	
Olijfgroen (,,) A, J, O, W, L, ...	- 28—44	
Russisch groen (,,) A, J, O, L, ...	- 17—20	
Rijtuiggroen (,,) A, J, O, L, ...	- 30—32	
Permanentgroen is chromaatgroen met zwaarspaath A, J, O,	- 32—34	
W, L, K, ...	- 36—104	
Spaansch groen is basisch koperacetaat, vergiftig en niet levendig van kleur.		
Bremergroen, uiterlijk blauw, maar met olie aangemaakt groen, is een basisch kopercarbonaat, evenals Friesch groen. Zij zijn bestendig tegen licht en lucht.		
Schweinfurthergroen $Cu_2(C_2H_3O_2)AsO_3$ is vergiftig, maar heeft mooie kleur. (volgens de Natuur 1910 is de formule $Cu(C_2H_3O_2)_2$ 3 $Cu(AsO_2)_2$		
Victoriagroen A, J, O, W, L, K	f 36—70	
Zinkgroen (zuiver) mengsel van Berl. blauw en zinkgeel A, J, O,	86—88	
W, L, (geel, blauw, donker)	- 86—88	
Zinkgroen (gewoon) A, J, O, L, ...	- 17—38	
Modegroen A, J, O, W, L, ...	- 28—36	
Smaragdgroen J, W, ...	- 24—32	
Parijsgroen (imitatie) J, O, W, ...	- 38—54	
Gele en Bruine verfstoffen.		
Chromaatgeel, (chroomzuur lood $PbCrO_4$). In den handel gemengd met loodsulfaat (zuiver zwavel-, citroen-, oranjegeel) A, J, O, W, S, L, ...	- 72—82	
Chromaatgeel, mindere kwaliteiten A, J, O, W, S, L, ...	- 20—58	
Oker, in hoofdzaak $Fe(OH_3)$ in de natuur voorkomend, veelal kunstmatig bereid uit gegloeid ijzeroxyde.		
Geeloker		f 35,—
Bruinoker		- 25,—
Barietgeel ($BaCrO_4$) zelden meer gebezigd.		
Cadmiumgeel (CdS) voor gewone verfstof te duur, meer voor kunstschilderverf.		
Operment (As_2S_3) is uiterst vergiftig, wordt aan witkalk toegevoegd om wandgedierte te dooden.		
Parijsgeel (citroen- donkergoud) bestaat, evenals het Kasselergeel, Patentgeel, uit een mengsel van zuiver loodglit (massicot) met loodchloride. A, J, O, W, L, ...	- 15—24	
Chromaatoranje A, J, O, W, L, ...	- 58—60	
,, ,, A, J, O, W, S, L, ...	- 86—88	
Ivoorgeel A, J, O, L, ...	- 15—24	
Kalkgeel, J, W, K, ...	- 17—22	
Modegeel, A, J, O, W, L, ...	- 26—40	

Prijs per vat van 50 KG	vóór den oorlog	in 1920
Schietgeel J, W, L, ...	f 17—26	
Rijtuigbruin, A, J, O, L, ...	- 26—44	
Zinkgeel (basisch zinkchromaat Zn_2CrO_5) chemisch zuiver A, J, O, W, L, K, ...	- 80—82	
Omber, vereenigingsproduct van mangaanhoudende bruinijzersteen, ook rijk aan organische bestanddeelen.		
Terra de Sienna, verweeringsproduct van pyriethoudend silicaat (basisch ferrisilikaat).		
Blauwe en violette verfstoffen.		
Antwerpsch blauw A, J, O, W, L, ...	—	
Bavaria „ A, J, O, W, L, ...	- 59—60	
Berlijnsch „ (Fe_7Cn_{18}) veelal met witte kleurstof gemengd (licht en donker) A, J, O, W, L, ...	- 44—60	
Chineesch blauw A, J, O, W, L, ...	- 24—26	
Geschutblauw A, J, O, L, ...	- 30—32	
Kalkblauw ($Cu(OH)_2 + CaSO_4$) J, W, K, ...	- 20—26	
„ violet J, W, K, ...	- —	
Bergblauw (basisch kopercarbonaat).		
Kobalt-Ultramarijnblauw A, J, O, W, L, K, ...	- 13—32	
Marineblauw A, J, W, O, L, ...	- 34—36	
Mineraalblauw „ „	- 17—24	
Modeblauw	- 24—36	
Parijsblauw (chem. zuiver) A, J, W, O, L, ...	- —	
Staalblauw A, J, W, O, L, ...	- —	
Ultramarijnviolet (imitatie) A, J, W, O, L, ...	- 44—46	
Rijtuigblauw	- 30—32	
Kobaltblauw of Tenaarsblauw kostbare, weinig gebruikte verfstof, volkomen bestand tegen licht.	- —	
Bremerblauw ($Cu(OH)_2$) wordt met olie groen.		
Roode verfstoffen.		
Antiek rood A, J, O, W, L, ...	- 34—36	
Carminette J, O, I, ...	- 82—106	
Cardinaalrood A, J, O, I, ...	- 48—50	
Carmozijnlak A, J, O, W, L, K, ...	- 72—84	
Cochenillerood „ „	- 80—82	
Echtrood A, J, O, W, I, ...	- 30—46	
Engelsch rood	-	f 18-30
Granaatrood A, J, O, I, ...	- 38—60	
Kalkrood J, W, K, ...	- 13—32	
Moderood A, J, O, W, I, ...	- 28—36	
Permanentrood A, J, O, I, ...	- 28—56	
Menie	- —	
Vermiljoen (HgS)	- —	
Imitatie vermiljoen J, O, ...	- 64—96	
Antimooncinnaber (Sb_2S_2O) dure maar mooie, goed dekkende verfstof, op kalk evenwel niet te gebruiken.		
Decoratieverven voor binnenwerk A, J, W, L, K, ...	- 13—26	

Prijsberekening van verfwerk. (1920).

Voor 10 KG verf is benoodigd:

1. Zinkwitverf:

6 KG zinkwit à f 0,95	f 5,70
4 „ lijnolie, waarvan	
2 „ rauwe à f 1,—	- 2,—
2 „ gekookte à f 1,10	- 2,20
aanmaken	- 0,60
samen	f 10,50

Voor 1 KG stopverf is benoodigd:

1 KG gemalen krijt	f 0,10
0,05 L gekookte lijnolie	- 0,06
0,05 „ rauwe lijnolie	- 0,05[5]
arbeidsloon	- 0,08[5]
samen . . .	f 0,30

Voor 10 KG verf is benoodigd:

2. Loodwitverf:

7 KG loodwit à f 1,05	f 7,35
3 „ lijnolie, waarvan	
1½ „ rauwe, à f 1,—	- 1,50
1½ „ gekookte à - 1,10	- 1,65
aanmaken	-0,60
samen	f 11,10

3. Silicaatverf:

4 KG zinkwit à f 0,95	f 3,80
6 „ silicaatvocht à f 0,50 . . .	- 3,—
aanmaken	- 0,60
samen	- 7,40

Voor 10 M^2 stoppen, schuren, enz. is benoodigd:

0,8 KG stopverf à f 0,30 . . .	f 0,24
0,1 „ puimsteen	- 0,10
1½ uur van een verver	- 1,20
diversen	- 0,06
samen	f 1,60

Voor 10 M^2 verfwerk is benoodigd:

1. Eenmaal oliën:

0,5 L ongekookte lijnolie à f 0,90	f 0,45
0,5 „ gekookte lijnolie à f 1,—	- 0,50
arbeidsloon (10 M^2 per uur) . .	- 0,80
samen	f 1,75

2. driemaal verven met zinkwitverf op grenenhout:

1e laag 1,15 KG à f 1,10 . .	f 1,26^5
2e „ 0,85 „ „ - 1,10 . .	- 0,93^5
3e „ 0,85 „ „ - 1,10 . .	- 0,93^5
arbeidsloon 7 M^2 per uur à f 0,80	
d. i. $3 \times \frac{10}{7} \times$ f 0,80	- 3,42^5
stoppen	- 0,80
gereedschap, steigers, enz. . .	- 0,50
samen	f 7,86

3. idem op ijzer:

1e laag 1,15 KG à f 1,10 . .	f 1,26^5
2e „ 1,85 „ „ - 1,10 . .	- 2,03^5
3e „ 1,85 „ „ - 1,10 . .	- 2,03^5
arbeidsloon en gereedschap (als boven zonder stoppen) . . .	- 3,92^5
samen	f 9,26

4. driemaal verven met loodwitverf op grenenhout:

1e laag 1,43 KG à f 1,— . .	f 1,43
2e l „ 1,08 „ „ - 1,— . .	- 1,08
3e „ 1,08 „ „ - 1,— . .	- 1,08
Arbeidsloon 7 M^2 p. uur à f 0,80	
d. i. $3 \times \frac{10}{7} \times$ f 0,80	- 3,42^5
stoppen	- 0,80
gereedschap, steigers, enz. . .	- 0,50
samen . . .	f 6,81^5

5. idem op ijzer:

1e laag 1,67 KG à f 1,— . .	f 1,67
2e „ 2,17 „ „ - 1,— . .	- 2,17
3e „ 2,17 „ „ - 1,— . .	- 2,17
arbeidsloon, gereedschap (als boven zonder stoppen) . . .	- 3,92^5
samen	f 9,93^5

6. driemaal verven met silicaatverf:

2 KG zinkwit à f 1,10	f 2,20
2½ KG silicaatvocht à f 0,60 .	- 1,50
arbeidsloon, gereedschap . . .	- 1,50
samen	f 5,20

7. éénmaal witverven op reeds geverfde oppervlakken:

1 KG zinkwit à f 1,10 . . .	f 1,10
0,004 KG Berl. blauw à f 1,— .	- 0,00^5
0,33 L gekookte lijnolie à f 1,—	- 0,33
0,33 „ rauwe „ à - 0,90	- 0,30
arbeidsloon, 7 M^2 p. uur à - 0,80	
d. i. $\frac{10}{7} \times$ f 0,80	- 1,14^5
gereedschap, steigers	- 0,50
samen . . .	f 3,38

8. éénmaal verven in parelkleur: (benoodigd 1,2 KG verf):

0,8 KG zinkwit à f 1,10 . . .	f 0,88
0,004 KG Berl. blauw à f 1,— .	- 0,00^5
0,002 „ ivoorzwart à - 1,— .	- 0,00^5
0,27 L gekookte lijnolie à f 1,—	- 0,27
0,27 „L ongekookte „ „ - 0,90	- 0,24^5
arbeidsloon, enz. als boven . .	- 1,64^5
samen	f 3,05

9. éénmaal meniën met loodmenie: (benoodigd 1,2 KG verf).

0,84 KG loodmenie à f 0,80	f 0,67^5
0,22 L gekookte lijnolie à f 1,—	- 0,22
0,22 „ rauwe „ „ - 0,90	- 0,20
arbeidsloon, gereedschap, enz. als boven	- 1,64^5
samen	f 2,74

Om het drogen te bevorderen, kan men per KG aangemaakte verf 0,012 L terpentijnolie toevoegen.

In het algemeen kan men voor verfwerk in bestekken de volgende eenheidsprijzen aannemen:

1 M²	éénmaal gronden	f 0,60
1 ,,	bijgronden, stoppen en oververven	- 1,10
1 ,,	bijgronden, stoppen, in de verf schuren, plamuren, verven en oververven met standolie	- 2,80
1 ,,	verven in houtkleur en tweemaal vernissen	- 4,—

In het algemeen bedroegen de kosten van het schilderwerk bij villabouw ongeveer 10 % van die van het metsel- en timmerwerk.

Het verven van hout.

Buitenwerk in glansverf afschilderen: Eerst grijnwellen uitbranden, losse kwasten uitslaan, enz., dan gronden met op kleur gemaakte loodwitverf, drogen. (Hout, dat met metsel- of pleisterwerk in aanraking komt, twee maal met loodmenieverf behandelen). Daarna schuren, stoppen en plamuren; drogen. Vervolgens opzuiveren, afstoffen, in de verf schuren met op kleur gemaakte loodwitverf; drogen. Het bijstoppen en overgronden, voor lichte tinten met schrale loodwitverf, voor donkere zooveel mogelijk in de kleur van afschildering; drogen. Het schuren, stoffen en afschilderen in de kleur der afschilderverf; drogen. Het schuren, stoffen en afschilderen in loodwitglansverf, voor donkere tinten met door kopergroenen versterkte standolieverf, of met in den handel zijnde fabricaten.

Bij *verniswerk* na het overgronden, in de gewenschte kleur afgronden zonder toevoeging van kopergroenen; drogen. Schuren, stoffen en voor vernissen met flatting drogen. Daarna slijpen, reinigen en afvernissen met prima buitenvernis.

Voor *binnenwerk* zorgvuldiger plamuren; na het in de verf schuren; schuren, opzuiveren, reinigen en overgronden met schrale zinkwitverf; drogen. Schuren, reinigen, en afschilderen in glans- of matverf.

(Zie overigens ,,Beknopt overzicht der werkzaamheden bij het schilderen van hout" in ,,Bartels, Handboek voor Schilders", waaraan deze gegevens verkort ontleend zijn.)

Goede witte kamer-standolieverf krijgt men door het malen van 10 gew. dl. zinkwit met 2½ gew. dl. groene standolie en 2½ gew. dl. terpentijnolie. Na zeving door neteldoek wordt de verf luchtdicht afgesloten en kan na een maand of drie gebruikt worden.

Het oliën van hout.

Teakhout oliën met ²/₃ terpentijn en ¹/₃ gekookte lijnolie en vervolgens met poriënvulsel behandelen, in olie schuren en minstens twee maal vernissen. Ook eikenhout en triplexpout kan dezelfde bewerking ondergaan.

Het beitsen van hout.

Men heeft verschillende beitsmiddelen voor hout, voornamelijk dubbelchroomzure kali en kopervitriool. Om hout bruin te beitsen bezigt men dubbelchroomzure kali; het gemakkelijkst in warm water op te lossen. Hoe sterker de oplossing, hoe bruiner de kleur. Het hout moet eerst worden natgemaakt. Zwarte houtbeitsen verkrijgt men door toevoeging van campêche-extract.

Grenenhout en vooral Amerikaansch grenenhout moet eerst ontvet worden (b.v. met gecalcineerde soda) daar hierop anders geen beits houdt. Om de beits beter te doen inwerken, het hout in te strijken met pyrogalluszuur.

De prijzen van houtbeitsen waren vóór den oorlog per KG netto f 2,—.

Wasbeitsen. Voor wasbeitsen heeft men de volgende recepten:

1 (Middenkleur) 250 gram was oplossen in ½ liter kokenden ammoniak, vervolgens afkoelen en nog ²/₃ liter ammoniak toevoegen.

2 (Donkerbruin) 25 gram chroomkali oplossen in ¹/₃ liter ammoniak, vervolgens hierin 2½ ons was oplossen, laten afkoelen en ²/₃ liter ammoniak toevoegen. Om deze beitsen nog donkerder te maken, kan men naar gelang de kleur donkerder moet zijn, een gedeelte eener oplossing van 100 gram Kasselsaarde, of 50 gram potasch in een liter water toevoegen.

Het verven van steen.

Ook hier moet het te verven oppervlak volkomen droog zijn. Vooral portlandcementpleisterwerk moet volkomen hard en droog zijn. Het kalkhydraat en de

alkaliën, die tijdens het verhardingsproces worden afgescheiden (en de olie doen verzeepen), worden het best afgewasschen met verdund zwavelzuur van 1 op 100. Ook kan men het oppervlak bestrijken met koolzure ammonia van 2 op 100 dl. water of wel lijnoliezuur.

Voor muurschilderwerk binnenshuis kan men als onderlaag een mengsel van gips en klei gebruiken. In het algemeen verdient silicaatverf de voorkeur boven olieverf. Het silicaatvocht wordt daartoe aangeroerd met ½ tot ¾ van zijn gewicht droge verfstof, meest zinkwit, ook zinkgrijs en andere mits niet loodhoudend en gipshoudend. De verf wordt gewoonlijk in drie lagen opgebracht.

Voor het verduurzamen van niet voldoend weervaste steenen zijn in den handel z.g. Kesslersche fluaten, welke in den steen dringen en de kalk in silicaten omzetten.

Het verven op zink.

Zink geeft steeds een onzekeren ondergrond voor olieverf en moet daarom eerst worden voorbehandeld om de gladheid en het vetlaagje te verwijderen. Daarvoor kan het met natronloog worden afgewasschen of door voorbeitsen met zwavel- of azijnzuur. Verder afschuren met puimsteenpoeder. Lood- en koperverven moeten bij het schilderen worden vermeden, daar deze stoffen een galvanische wisselwerking geven en het zink doen oxydeeren. Zinkoxyde- en aardverven verdienen de voorkeur. Ook kan als eerste verflaag een silikaatverf worden gebezigd, welke met zinkoxydeverfstoffen wordt samengesteld.

Het verven van ijzer.

Voor het reinigen van ijzerwerk kan men de volgende voorschriften volgen:*)

„Het ijzerwerk wordt allereerst ontdaan van vet en vuil door het flink af te schrobben met benzine of het te behandelen volgens de methode van Dr. Coleman, d.i. langs electrolytischen weg. Het ijzer wordt hierbij gehangen in een kuip, gevuld met kaliloog; de door het ijzer en de kaliloog gaande stroom doet het vet en de olie verzeepen.

Indien het ijzer bedekt is met een laag ijzeroxydule (walshuid of hamerslag), behoeft de reiniging niet plaats te hebben, daar het aangehechte vuil en vet met de ijzeroxydulelaag zal afvallen.

Plaat- en smeedijzer wordt vóór eenige verdere behandeling in een bad van verdund zoutzuur (17—18 %) gebracht ter verwijdering van de ijzeroxydulelaag en daarin ½—¾ uur gelaten. Hierna volgt indompeling in kaliwater, dat telkens ververscht moet worden, zoodra het zuur reageert en daarna afspoelen met heet water, waarna drogen bij verhoogde temperatuur of in houtzaagsel volgt. Wanneer een zandblaastoestel ter beschikking staat, mag de zoutzuurreiniging niet plaats hebben. Het ijzerwerk wordt hierbij vooraf ingewreven met hydraulische (ongebluschte) kalk, daarna met een stuk zandsteen vlug afgeschuurd en zoolang met het zandblaastoestel behandeld, tot alle sporen van roest verdwenen zijn. Hierbij moet gebruik gemaakt worden van scherpkorrelig duin- of rivierzand bij voldoenden luchtdruk. Na deze behandeling volgt zorgvuldige afstoffing en kan met het schilderen aangevangen worden. In geen geval mag het nog niet aangebrachte constructie- en ander ijzer in de buitenlucht gereinigd worden."

Voor het *schilderen* van ijzerwerk, inzonderheid bestemd voor constructiebouw, ontleenen wij aan het bovengenoemde werk het volgende:

„Na het ijzer voldoende gereinigd te hebben, wordt het direct bedekt met een goed uitgestrekten dunne laag loodmenieverf, bereid van:

85 gewichtsdeelen loodmenie, 14 dl. met loodoxyde gekookte lijnolie en 1 dl. terpentijnolie. Deze menieverf dient kort vóór het gebruik klaargemaakt en twee malen gemalen te worden met behulp van een „fijn" staanden konus- of verf-walsmolen. Dit dient te geschieden met 8 gewichtsdeelen gekookte lijnolie. Na het malen volgt toevoeging van de overige 6 gewichtsdeelen gekookte lijnolie en de terpentijnolie. De tweede menielaag wordt eerst aangebracht, zoodra de eerste laag harddroog is, d. w. z. als men een stukje filtreerpapier met een gummirol daarop aandrukt, mag het papier niet in het minst aan de verflaag vastkleven. Voor het verstrijken van de menieverf mag slechts gebruik gemaakt worden van niet al te lang- of te kortharige kwasten. De verflagen moeten gelijkmatig van dikte zijn, zoodat de verf nergens

*) Ontleend aan C. P. van Hoek: „Het technisch schilderen".

neiging tot zakken mag vertoonen of samenrimpelen. De tweede menielaag moet het ijzer volkomen aan het oog onttrekken, zoodat geen slecht gedekte plaatsen mogen voorkomen. Nadat de tweede menieverflaag harddroog is, wordt een dunne laag loodwitverf aangebracht, bereid van: 75 gewichtsdeelen loodwit, 20 dl. met loodoxyde gekookte lijnolie, 5 dl. terpentijnolie. Deze loodwitverf dient 2 maanden vóór het gebruik klaargemaakt en tweemaal gemalen te worden. Hiertoe wordt het loodwit met 9 gewichtsdeelen lijnolie aangemengd en kort vóór het gebruik verdund met de overige 11 gewichtsdeelen lijnolie en 5 gew. dl. terpentijnolie. Voor de tweede laag loodwitverf voegt men bij de loodwitpasta 8 gew. dl. gekookte lijnolie, 2 gew. dl. terpentijnolie en 6 gew. dl. dikke standolie. De loodwitverf kan op kleur gemaakt worden met dikke in olie zeer fijn gemalen verven. De tweede laag loodwitverf moet volkomen dekken, zoodat de menieverf nergens doorschemert. Vooral deze laag, doch ook de voorgaande moeten zacht opgestreken worden, zoodat de verflagen niet te streperig kunnen opdrogen. Het opstrijken moet steeds in de lengterichting plaats hebben. Bij plaatwerk mag vertikaal gestreken worden. Kopslagen mogen niet zichtbaar zijn; evenmin mogen dwarse streken voorkomen. De deklaag mag iets dikker aangebracht worden, doch de overige lagen moeten zoo dun mogelijk uitgestreken zijn. Voor binnen- en buitenwerk direct in gewone omstandigheden steeds van loodmenie en loodwitverf gebruik gemaakt te worden. In bijzondere gevallen kunnen ook zinkwitverf of eenige speciaalfabrikaten voor afschilderen in aanmerking komen. Het is in den regel gewenscht de menieverf voor de grondlagen te behouden. In speciale gevallen kan ten behoeve van de contrôle het ijzerwerk in de constructiewerkplaatsen in warmen toestand met heete gekookte lijnolie worden ingestreken en direct met droge lappen worden afgewreven. Aldus behandeld ijzerwerk mag slechts in van de buitenlucht afgesloten ruimten worden opgeslagen. Vóór het verlaten der werkplaatsen moet het ijzerwerk aan alle kanten met een enkelvoudige menieverflaag bedekt zijn, ook wanneer het vooraf is geolied.

Voor donkere overgrond- of afschilderverven dient men zoo min mogelijk van aardverven gebruik te maken. Naden en scheuren moeten met meniekit gedicht worden. Bij klinkbouten kunnen de bijna dichte naadjes met menieverf volgesmeerd worden. Plamuren is niet aan te bevelen."

Het verven van diverse materialen.

Bij het schilderen van versche eternitplaten komt het voor, dat de verf wordt verzeept tengevolge van het gehalte aan opgeloste alcaliën. Men moet ze dan oud laten worden of instrijken, of indompelen in verdund zoutzuur, naspoelen met warm water en goed drogen.

Het *zwartverven van letters* in hardsteen kan het best en duurzaamst geschieden met een oplossing van was in terpentijnolie, waaraan wat zwartsel in buitenwerksvernis is toegevoegd.

Het verven van huiden van schepen geschiedt met huidverven van verschillende samenstelling, veelal zijn ze vergiftig. Een niet aangroeiende verf is de volgende:

In ongeveer 48 L lijnolie mengt men ¼ KG loodglit en ¼ KG loodsuiker. Dit mengsel laat men 5 uur koken op een temperatuur van 600° F. Hieraan voegt men wat terpentijnolie toe en ½ L groen en vochtig zeewier, dat men vooraf in olie heeft fijngewreven en met welk mengsel men de benoodigde verfstoffen vermengt.

Bij de Amerikaansche marine bezigt men een verf van de volgende samenstelling: 6 gallon alcohol, 13¾ Eng. pond schellak, 1 gallon houtteerolie, 13¾ Eng. pond zinkwit, 13¾ Eng. pond Indisch rood en 4¾ Eng. pond kwikoxyde.

Roeibooten enz. verft men het best met loodmenieverf, voor ijzer schraal en stevig en voor hout dunner van samenstelling. Loodmenieverf is één van de weinige verven, welke in water hard worden. Boven de waterlijn kan loodwitverf worden gebezigd.

Het *schilderen van pleisterwerk* in cementmortel kan alleen geschieden, wanneer het alkalivrij is, hetgeen voor buitenpleisterwerk na ongeveer twee jaren het geval wordt. Binnenpleisterwerk kan alleen schilderwerk houden, wanneer het goed droog en tegen vocht beschut wordt. Men kan de alkaliën bestrijden door afwassching met verdund zwavelzuur of vóórbehandeling met lijm- of caseïneverven. Waterverven kunnen spoediger worden aangebracht, daar zij geen verzeependen invloed uitoefenen. Men heeft ook speciale verven in den handel. Gewoon pleisterwerk zonder cement is spoediger tot schildering geschikt dan dat met cement.

Teer- en kalefaatwerk.

Het teren van het hout.

Het hout, dat boven den grond komt, wordt geteerd met Stockholmer teer; de onder den grond komende deelen worden na licht te zijn verkoold, geteerd met koolteer.

Het kalefaten van naden.

Het kalefaten geschiedt met werk, teer en pik; als surrogaat wordt ook wel gebezigd teer met kalk, nadat het werk droog ingedreven is. In Indië gebruiken de inlanders werk, katjangolie en kalk. Per KG werk heeft men ongeveer noodig 0,078 KG pik en 0,20 L teer.

In Ned.-Indië bezigt men per 10 strekk. meter:

0,22	L katjangolie	0,15	baas
0,0012	M^3 kalk	0,5	koeli
0,24	KG werk	0,025	mandoer.
1,5	timmerman		

Beschermings- en bewerkingswijzen van hout en ijzer.

Litteratuur.

A. J. Wallis—Taylor. The Preservation of Wood.

Conserveeringsmiddelen voor hout.

Creosoteeren van hout.

Het creosoteeren is het meest afdoende middel tot verduurzaming van het hout. Creosoot is een bijprodukt bij de vervaardiging van steenkolengas (zie bldz. 588). Zij moet minstens 10% teerzuren bevatten en heeft een soortelijk gewicht van 1,05—1,08. Bij goede creosoteering zal de hoeveelheid opgenomen creosootolie per M^3 moeten bedragen bij loofhout minstens 100 L en bij naaldhout 150 L. In den regel is de hoeveelheid bij grenen- en beukenhout ongeveer 200 L, bij dennen en vurenhout 175 L en bij eikenhout 125 Liter.

Is het naaldhout geheel zwart, dan kan men ongeveer rekenen op ± 500 L olie;

is de diepte van indringing ongeveer	4	cM dan	± 300	L olie:
„ „ „ „ „ „	3,5	„ „	± 250	„ „
„ „ „ „ „ „	3	„ „	± 200	„ „
„ „ „ „ „ „	2	„ „	± 150	„ „
„ „ „ „ „ „	1	„ „	± 80	„ „

De eenige juiste methode, om de hoeveelheid ingedrongen olie te bepalen, is die door dubbele weging van het hout.

Bij Rijkswaterstaatswerken gelden voor creosoteering de volgende voorschriften (1912):

„De fabriek, waar het hout zal worden gecreosoteerd, moet zijn ten genoegen van de Directie, zonder dat deze uit dien hoofde met de verantwoordelijkheid voor de uitkomst eener creosoteering kan worden belast.

Het te creosoteeren hout wordt vooraf gekeurd, desverlangd gemerkt en zooveel mogelijk pasklaar gemaakt. Daarna wordt het gedurende minstens een uur uitgestoomd. Vervolgens wordt zoowel de gecondenseerde als de droge stoom afgelaten en in den bereidingsketel een luchtverdunning gemaakt en gedurende minstens een half uur onderhouden tot 1/5 atmosfeer, waarna de in den ketel aanwezige vloeistoffen worden afgetapt.

De voor de creosoteering te bezigen olie moet een soortelijk gewicht van minstens 1,05 tot hoogstens 1,08 hebben bij 15° C., met een gehalte van ten minste 8 pct. aan teerzuren en in het reservoir geheel vrij zijn van opdrijvend water. De Directie is bevoegd voor het onderzoek der hoeveelheid teerzuren, één of meer monsters olie uit den bereidingsketel te doen tappen.

Ter bepaling van het soortelijk gewicht moet een goede areometer aanwezig zijn, terwijl de hoeveelheid teerzuren op kosten des aannemers scheikundig zal worden onderzocht.

De contrôle der door het hout opgenomen hoeveelheid olie kan door *weging* van het hout of door *meting* der verbruikte hoeveelheid olie geschieden, ter keuze van den aannemer.

Bij de contrôle door *weging* wordt al het hout voor de eerste maal na de uitstooming gewogen en vervolgens nogmaals na afloop der bereiding.

Uit het verschil in gewicht wordt alsdan de ingedrongen hoeveelheid berekend. De kosten van weging komen daarbij voor rekening van den aannemer.

Bij de contrôle door *meting* mogen in den bereidingsketel alleen de volgende houtsoorten samengevoegd worden:

grenen- en beukenhout } mits voor iedere soort een gelijke hoeveelheid olie per
dennen- en vurenhout } M^3 is voorgeschreven;

terwijl bij eikenhout geen ander hout mag worden gevoegd.

Rondhout en bezaagd hout worden echter niet gezamenlijk bereid.

Alvorens de creosootolie in den bereidingsketel toe te laten, wordt zij tot minstens 60° C. verwarmd en gedurende de persing in het reservoir steeds op diezelfde temperatuur gehouden.

Het reservoir behoort voorzien te zijn van een goede peilschaal met koperen verdeeling, zoodanig, dat de aanwezige hoeveelheid creosootolie tot op 100 L onmiddellijk afleesbaar is. Evenzoo moet ten behoeve der Directie een thermometer beschikbaar zijn tot het herhaaldelijk opnemen van de temperatuur der olie.

Met behulp van onderstaande tabel zal uit den stand der peilschaal en van de temperatuur der olie in het reservoir vóór en na de bereiding de verbuikte hoeveelheid bepaald worden, welke, herleid tot een volume bij 15° C., als grondslag van verrekening zal strekken.

Gemiddelde uitzettingscoëfficiënten van creosootolie bij een soortelijk gewicht bij 15° C., van:

Temperatuurs-grenzen	1,05	1,06	1,07	1,08
15°C. tot 65°C.	0,000 85	0,000 80	0,000 80	0,000 77

Voorts mag bij het onderzoek door meting gedurende de bereiding slechts van één oliereservoir gebruik worden gemaakt, terwijl aan dat, hetwelk daarvoor is aangewezen, geen andere olie mag worden onttrokken of toegevoegd dan voor het toevoeren naar, of ontladen van den bereidingsketel noodig is.

De in te persen hoeveelheid zal per M^3 bedragen voor:

grenen- en beukenhout . . . 200 Liter:
dennen- en vurenhout . . . . 175 „
eikenhout . . . . 125 „

Blijkt na afloop der bereiding minder dan 95 pCt. der voorgeschreven hoeveelheid creosootolie in het hout gedrongen, dan wordt de persing herhaald; de ketel zal daartoe met olie worden gevuld zonder voorafgaande luchtledighaling.

De directie neemt dan genoegen met een persing van 8 à 10 atmosferen gedurende hoogstens 4 uren voor rondhout en 8 uren voor gezaagd hout.

Daarna moet de spanning in den ketel vanzelf afloopen en mogen geen kranen geopend worden, vóórdat de overdruk verdwenen is. Mocht men ook door deze nabe eiding de verlangde uitkomst niet bereiken, dan zal daarin worden berust, doch de volgens meting der Directie te geringe hoeveelheid worden verrekend tegen den prijs van f 0,04 per liter, wanneer niet anders in het bestek is bepaald. § 468 der A. V. is op deze verrekening niet van toepassing.

Indien daarentegen, hetzij na de eerste of de tweede bereiding het hout mocht blijken te veel olie te hebben opgenomen, dan zal het meerdere tot een maximum van 15 pCt. den aannemer tegen den vastgestelden prijs worden vergoed.

Bij *gedeeltelijke creosoteering* blijft zoowel het uitstoomen van het hout als het luchtledighalen achterwege. De hoeveelheid ingedrongen olie wordt bepaald door weging van het hout vóór en na de bereiding, waarbij rekening wordt gehouden met het gewicht der uit het hout gevloeide vochtdeelen.

De voorafgaande bepalingen voor het geval, dat bij eerste bereiding geen voldoende hoeveelheid olie in het hout is gedrongen, blijven ook hier van toepassing, zoo ook die omtrent verrekening wegens te veel of te weinig ingedrongen olie.

Buiten toezicht van de Directie mag geen creosoteering plaatshebben.

Mocht bij uitzondering de Directie om de een of andere reden geen toezicht kunnen houden, dan legt de aannemer een verklaring van den fabrikant over omtrent de hoedanigheid en de hoeveelheid der ingeperste olie.

Van het tijdstip, waarop met de bereiding van het hout zal worden begonnen, moet aan de Directie minstens 6 dagen te voren kennis worden gegeven.

Na de bereiding mag het hout bij de verzending naar het werk niet gevlot worden.

Bij het verwerken van gecreosoteerd hout worden alle verbindingen en alle plaatsen, die niet met creosootolie blijken doortrokken te zijn, driemalen rijkelijk daarmede gedrenkt, vóórdat de verbindingen opgesloten worden."

De practijk leert, dat een opname van 150 à 200 L olie per M³ gewoonlijk de meest gewenschte is en voor hout bij zeewerken tot 300 L. De prijsberekening heeft ook plaats naar het aantal M³ hout en de gewenschte olieopname per M³.

Het creosoteeren van hout op bovenstaande wijze kost ongeveer f 16 à 18 de M³.

Men kan ook in speciale ketels alleen het aan bederf onderhevige gedeelte van de houtconstructie bereiden, zooals door de Mij tot Houtbereiding te Amsterdam toegepast wordt.

De bereidingsketel heeft veelal een lengte van ongeveer 18 Meter met 46 M³ inhoud. In Amerika wordt voor spoorwegliggers veelal een goedkoopere wijze van creosoteeren toegepast. Hierbij wordt, als de lading hout in den cylinder gebracht en afgesloten is, de lucht niet uitgepompt, maar wordt er meer lucht ingeperst. Dezen hoogeren druk houdt men een uur aan. Dan wordt creosoot bij weer hooger druk ingeperst, waarbij men de lucht geleidelijk door een klep in den top van den ketel laat ontwijken. Heeft de druk lang genoeg geduurd om het hout voldoende te impregneeren, dan wordt deze langzamerhand verminderd en de overblijvende creosoot afgetapt. Door de drukvermindering zet de lucht in de houtcellen uit, dringt de vrije creosoot naar buiten, zoodat alleen een dunne laag in de houtvezels achterblijft en wel ongeveer de helft van de eerst ingeperste hoeveelheid.

Verbeterde creosoteermethoden zijn die van *Rütgers*, *Krützner* en *Rüping*; bij de laatste methode vergenoegt men zich met een drenking der vezels, zonder dat de poriën met creosootolie opgevuld blijven; deze methode is dus goedkooper wegens de geringere hoeveelheid benoodigde olie.

Het met creosootolie verzadigde hout neemt geen vocht meer op en het werken van het hout wordt er mede opgeheven.

Prijzen volgens de Mij tot Houtbereiding te Amsterdam (1920) per M³ gecreosoteerd f 30, gekyaniseerd f 25, met carbolineum bestreken f 15.

Burnetteeren van hout (chloorzinkbereiding).

Deze bewerking geschiedt met een oplossing van 3 à 4 KG zuiver zinkchloride ($ZnCl_2$) op 100 L water. Door den lagen prijs van het zout is het een van de goedkoopste, doch niet altijd afdoende middelen. De oplossing wordt bij een hitte van 100 tot 150° F. onder een druk van 8—12 KG/cM² al naar de hardheid van het hout zoolang ingeperst, tot het hout geen zinkchloride meer opneemt. Gemiddeld kan men rekenen op 100 gram per kub. voet bij een 4 % oplossing. Zinkchloride heeft het voordeel het hout minder brandbaar te maken. In Amerika past men veelal daarna een persing met 2 % gewone lijmoplossing toe en daarna met een 2 % tannineoplossing Het looizuur heeft de eigenschap de lijm te neutraliseeren en daarmede een onoplosbare rubberachtige stof te vormen. Men kan het zinkchloride ook vasthouden door hieraan creosootolie toe te voegen volgens de methode van *Bréant*. Dit moet dan geschieden in de verhouding van 3 L op de 100 L.

Bereiding met kopervitriool.

De behandeling met kopervitriool ($CuSO_4$) wordt veelal bij kleine hoeveelheden toegepast volgens de methode van *Boucherie*. Om de zwammen afdoende te dooden zijn 9 tot 13,5 KG vitriool per M³ hout noodig, hetgeen de bereidingswijze duur maakt.

Bereiding met kwikzilverchloride (kyaniseeren).

De antiseptische werking van het kwikzilverchloride ($HgCl_2$) is 15- tot 30-maal zoo groot als die van kopervitriool. De ketelmethode kan hierbij evenwel niet worden

gebezigd, omdat het kwik de metalen sterk aantast en vergiftig is; men drenkt er daarom alleen het hout mede.

Diverse middelen.

Andere antiseptische impregneermiddelen van den nieuweren tijd zijn zuur-, neutraal- en basisch fluorzink ($Zn\ F_2$), fluornatrium en Bellit-dubbel fluor, bestaande uit 88 % fluornatrium, 7 % dinitrophenol en 5 % anilinolie. Het laatste belooft veel voor de toekomst en het dure creosoteeren of de andere gevaarlijke impregneermiddelen te vervangen.

Bescherming van hout tegen brandgevaar.

Men kan het hout tegen brand beschermen door het met een oplossing te impreg neeren of het te bestrijken met een onbrandbare stof, verf, enz. Het hout wordt door deze middelen niet geheel onbrandbaar, maar meer onontvlambaar gemaakt.

Voor *impregneering* kan men bezigen aluin, potasch of soda, boorzuur of ammoniumsulfaat, terwijl ook zinkchloride en kopersulfaat de brandbaarheid verminderen. Verder is waterglas in verdunde oplossing te bezigen. Andere meer samengestelde recepten zijn:

1) 33 gram mangaanchloruur, 20 gram fosforzuur, 10 gram boorzuur, 20 gram chloorammonium en 20 gram magnesiumcarbonaat worden in 1 L water opgelost. Met dit mengsel moet bij kookhitte geïmpregneerd worden.

2) 100 gram ammoniumfosfaat en 10 gram boorzuur worden in 1 L water opgelost en het hout daarin ondergedompeld.

3) 70 gram ammoniumsulfaat, 50 gram borax en 1 gram lijm worden opgelost in 800 gram kokend water en het hout in deze verwarmde oplossing gedurende 2 uren gedompeld.

Ook kan men aluminiumsulfaat in koud water oplossen en daaraan ammoniumfosfaatoplossing toevoegen, tot geen neerslag meer ontstaat. Men voegt dan zooveel salmiakoplossing toe, tot de neerslag weder opgelost is en drenkt het hout in deze oplossing.

Weefsels kan men indoopen in een mengsel van 50 gram boorzuur en 60 gram borax in 1 L water en ze daarna drogen in de lucht.

Onder de *strijkmiddelen* zijn behalve de genoemde mengsels te noemen:

1) een aluinoplossing met kalk tot pap gemengd,

2) een 10 % oplossing van ammoniumsulfaat, al of niet met aluin en borax met stijfseloplossing en fijn krijt tot pap gemengd,

3) verdunde oplossing van waterglas met krijt tot pap aangemaakt

Beschermings- en bewerkingsmiddelen van ijzer.

Het blankbeitsen van ijzer.

Smeedijzeren voorwerpen kan men blank beitsen met de volgende beitsmiddelen: Aan 800 gram geconc. zwavelzuur en 10 L water wordt een oplossing van 60 gram zink en 360 gram salpeterzuur toegevoegd. De voorwerpen worden hierin gebracht en daarna in heet water afgespoeld en met scherp zand eenige uren gerommeld.

Bescherming tegen roesten.

Behalve het verven en vernissen van ijzer (zie bldz. 1054) kan men ijzeren en stalenvoorwerpen ook de volgende behandelingswijzen doen ondergaan, waarbij de metaalglans behouden blijft:

Het *Coslettiseeren* volgens de uitvinding van *Coslett* bestaat in het volkomen vet vrij en schoonmaken van de voorwerpen, die niet te glad moeten zijn en deze te behandelen met een pasta, bestaande uit een oplossing van 4 L phosphorzuur (s. g. 1,5) in 4 L water, waaraan 2 KG korrelvormig zink is toegevoegd. Deze pasta wordt ter hoeveelheid van 0,07 KG bij 10 L kokend water gevoegd en opgelost, in welke oplossing de voorwerpen een paar uren verblijven. Na afspoeling met schoon heet water worden de voorwerpen verder gedroogd, waarna zij worden gedompeld in een mengsel van minerale smeerolie, paraffine of was en terpentijn en daarna gedroogd en afgewreven.

Eenvoudiger maar minder duurzaam is het de vetvrije voorwerpen in een of andere drogende olie (raapolie of beter lijnolie) te dompelen en te drogen.

Verder hebben chroomzuur en oplosbare chroomzure zouten roestwerende eigenschappen en zijn ijzeren voorwerpen, hiermede bestreken, geruimen tijd beschermd tegen roesten.

Bruneeren van ijzer.

Hierbij wordt het ijzer blootgesteld aan de inwerking van oververhitten waterdamp bij roodgloeihitte. De oppervlakte wordt hierdoor met een laagje ijzeroxyduloxyde bedekt, dat zich zeer vast hecht.

Zwarten van ijzer.

Bij een hoeveelheid terpentijnolie wordt druppelsgewijze zwavelzuur toegevoegd, totdat er geen neerslag meer ontstaat. Daarna giet men de vloeistof in water, schudt haar om en scheidt het neerslag af, dat zoolang gewasschen wordt, tot in het waschwater gedompeld blauw lakmoespapier niet meer rood wordt. Nadat het neerslag door een doek is gefiltreerd, wordt het op het verwarmde ijzer gebracht en dit daarna opnieuw verhit. Het voorwerp wordt dan met een door lijnolie vochtigen linnen lap afgewreven, totdat de oppervlakte mooi glimmend zwart wordt.

Het dofzwart branden van gesmede voorwerpen geschiedt door het verhitten van het ijzer tot de blauwe aanloopkleur en vervolgens dun insmeren met ongekookte lijnolie. Het ijzer wordt dan verhit boven een niet roetend vuur, waardoor de olie verkoolt. Het insmeren en verhitten wordt zoo noodig herhaald.

Het asphalteeren van ijzeren buizen.

De ijzeren buizen voor gas- en waterleiding worden bekleed met een *Dr. Angus Smith solution*, een in Amerika gepatenteerde uitvinding. De bewerking geschiedt als volgt:

Door destillatie of eenvoudige verwarming wordt de teer zoodanig bevrijd van vluchtige oliën, dat zij het aanzien heeft van een dikke stroop. Teerpek, dat bij het bekoelen hard is, en barstjes vertoont, is voor het doel niet te gebruiken. De bewerkte teer van de juiste samenstelling wordt in vaten tot 150° C., verhit en op temperatuur gehouden, waarop men de van roest en andere onreinheden ontdane gietijzeren stukken (buizen, enz.) gedurende ½ tot ¾ uur, indompelt, totdat zij geheel de temperatuur van het bad overgenomen hebben. De stukken kunnen ook vóór het indompelen voorgewarmd worden. Om het bad goed te houden, voegt men dikwijls stukken versche asphalt toe, evenzoo dagelijks minstens 8 % dikke lijnolie. De uit het bad genomen stukken laat men afdruipen, tot een gelijkmatige bekleeding ontstaat, welke bij het hard worden taai moet zijn en niet mag barsten of afbrokkelen.

Verzinken van ijzer.

De met verdund zoutzuur en salmiak gereinigde en met salmiak bestreken voorwerpen worden, nog warm zijnde, in een bad met gesmolten zink gedompeld. Per M² oppervlak wordt ongeveer ¼ KG zink gebruikt. Voor grooter weerstandsvermogen tegen de inwerking van zuren wordt het verzinkt ijzer bovendien met een laagje lood bedekt (± 0,4 KG lood per M²). Volgens de Engelsche methode (*Sherardise*) worden de voorwerpen met zinkstof in een luchtdicht sluitende trommel gebracht, welke in een gasoven op ± 320° C. wordt verhit en gewenteld, tot een min of meer dikke zinklaag gevormd is. De verzinking is zeer gelijkmatig en duurzaam.

Het galvanisch verzinken geschiedt in het volgende bad:

80 gram zwavelzure zinkoxyde
50 ,, zwavelzure ammoniak
20 ,, chloorammonium
1 L water.

Het verzinkt ijzer kan niet gesoldeerd of sterk gebogen worden; verf hecht er zich zeer slecht op.

Vertinnen van ijzer.

Het vertinnen kan evenals bij het verzinken geschieden in het bad van gesmolten tin; het voorwerp wordt eerst met chloorzink bestreken.

Het galvanisch vertinnen geschiedt in het volgende bad:

100 gram pyrophosphorzure natron
10 ,, tinchloruur (tinzout)
10 L water.

Emailleeren van ijzer.

Hierbij komt eerst een mengsel van veldspaat, kwarts, borax en klei in poedervorm op het ijzer, waarna het sterk wordt gebrand. Daarna brengt men het eigenlijke email aan, bestaande uit silicaten van tinoxyde, en wordt het voorwerp verhit, totdat het email smelt.

Klinkverbindingen en ijzerconstructies.

Litteratuur.

H. J. van der Veen.	IJzerconstructies. 1914, 3e druk. L. J. Veen. geb. f 7,25.
L. Zwiers.	IJzerconstructies. Geb. f 8,50
Max Foerster.	Die Eisenkonstruktionen der Ingenieurs-Hochbauten 4. Auf 1909. 2 B'de. W. Engelmann.
J. Hoch.	Neue ausgeführte Eisenkonstruktionen. Elemente d. Eisenkonstruktionen.
R. Schöler.	Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues.
C. Scharowsky.	Musterbuch für Eisenkonstruktionen. 1908. 4. Aufl. Spamer Leipzig.
L. Geusen.	Die Eisenkonstruktionen.
C. Kersten.	Der Eisenhochbau. Wilh. Ernst & Sohn, Berlijn.

Klinkwerk.

Zie voor afmetingen van klinkbouten bldz. 678 bij „Klinkbouten, schroeven, enz."

Bouten grooter dan 24 mM zijn moeilijk uit de hand te klinken.

Afstand van het hart van den bout tot de grens van de plaat niet kleiner dan 1½ d, liefst 2 d en niet grooter dan 3½ d.

Grootste afstand der bouten 7 d.

Overlengte van den steel $^1/_3$ d + 0,10 a, als a = gezamenlijke dikte der vast te klinken platen. Dikte a niet grooter dan 3½ à 4 d, anders schroefbouten. Het maximum aantal vast te klinken platen is 6. De diameter van het geboorde gat is 5% grooter dan de boutdikte. De vastheid van het materiaal bij het ponsen vermindert met 10—20%, bij hard materiaal zelfs 20—30%.

Is de toe te laten *trekspanning* = T, dan is de toe te laten *schuifspanning* T' = $^4/_5$ T.

De toe te laten *stuikspanning* T'' (d.i. de druk van den bout op de ijzeren plaat) wordt aangenomen op 1½ à 2 T, gewoonlijk 1½ T.

Klinkmachines heeft men in den vorm van hamers en van persen. Bij de laatste wordt de stempel of het schelijzer langzaam tegen den door den houder gesteunden bout gedrukt. Door een sluitring om den stempel, die bij het aandrukken tevens de te verbinden platen op elkaar drukt, voorkomt men het uitvloeien van den bout tusschen de platen. Naar gelang van de zachtheid van het boutijzer is een druk van ongeveer 80 tot 160 KG per mM² der steeldoorsnede noodig. De kracht wordt met een hefboomstelsel en schroef met de hand verkregen of door middel van luchtdruk op het hefboomstelsel.

Klinkhamers heeft men ook met luchtdruk, maar zij verbruiken veel kracht aan lucht (± 4 PK voor ongeveer ½ M³ vrije lucht), zoodat men tegenwoordig overgaat tot electro-pneumatische inrichtingen, waarbij een electromotor direct met een kleinen luchtcompressor is samengebouwd en een groote besparing (tot $^1/_{12}$) van het krachtverbruik wordt verkregen.

Prijzen van klinkverbindingen vóór den oorlog:

Het ponsen van platen kostte ± 0,15 cent per gat; het boren naar gelang van de dikte der platen:

dikte . .	1—9	10—15	16—19	20—26 mM.

Kosten van klinken:

Klinkboutdikte . . .	10	13	16	19	22	25 mM
Kosten per 100 bouten	1,20	1,50	1,80	1,95	2,10	2,25 gulden.
In moeilijke omstandigheden	1,30	1,65	2,70	2,95	3,15	3,25 „

Alles aan de fabriek; op het werk duurder.

Verbinding van staven.

Scharnierverbinding (fig. 1):

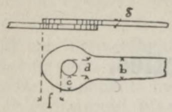


Fig. 1.

$$c = {}^1/_2\, b + {}^1/_6 \text{ à } {}^1/_3\, d$$

($^1/_3$ d bij hydraulisch smeedwerk)

$$f = {}^1/_2\, b + {}^5/_8 \text{ à } {}^2/_3\, d$$

$$d \geqq {}^2/_3\, b.$$

Klinkverbinding (fig. 2):

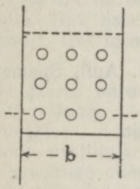


Fig. 2.

Is P de trekkracht, het aantal bouten n en dat per rij = p, dan is

$$P = (b - p\,d)\,\delta \times T =$$

$$= n' \times {}^1/_4\, \pi\, d^2 \times T' = n'' \times \delta \times d \times T''.$$

n′ is grooter dan n″, als $d < 2{,}4\ \delta$.

Gebruikelijk is het $d = 2\delta$ te nemen, volgens Hütte

$$d = \sqrt{5\,\delta} - 0{,}2.$$

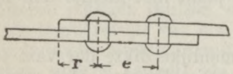


Fig.3 .

Afstand der bouten (fig. 3):

minimum e = 2,5 d beter = 3 d
r = 1,5 d minimum.

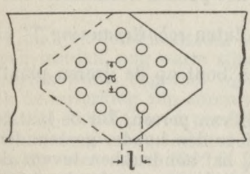


Fig. 4.

Lasch volgens fig. 4:

Is het aantal bouten in de eerste rij aanwezig = p, dan mag het aantal in de

2e rij	2p	
3e rij	4p	
4e rij	8p	enz.

zijn, zonder dat de platen daardoor meer verzwakt worden.

Meestal neemt men p, 2 p, 3p, 4p, enz.

Voor den afstand, waarop de rijen uit elkaar geplaatst worden, neemt men:

$$l = {}^1/_2 \sqrt{d\,(2\,a + d)}$$

Daar a veelal 3 à 4 d is, wordt

$$l = 1^1/_4 \text{ à } 1^1/_2\, d,$$

practisch 2 à 2,5 d.

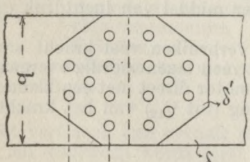


Fig. 5.

Verbinding door middel van één laschplaat (fig. 5): Is δ' de dikte van de laschplaat; p het aantal bouten in de eerste en P_n in de laatste rij, dan is

$$\delta' = \delta \times \frac{b - p\,d}{b - p_n\,d}$$

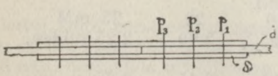


Fig. 6.

Bij twee laschplaten (fig. 6):

Is het aantal bouten berekend tegen afschuiving = n′ en tegen stuk n″, dan zal

$$n'' > n' \text{ als}$$

$$d > 1{,}2\ \delta$$

Hieraan wordt in den regel voldaan en zullen de bouten op stuik moeten worden berekend. Men vindt dan voor het toe te laten aantal bouten achtereenvolgens

in de eerste rij p_1

„ „ tweede „ $^5/_2\ p_1$

„ „ derde „ $(^5/_2)^2\ p_1$

In de practijk neemt men een rekenkunstige reeks. Tevens zorge men, dat het gezamenlijke moment der trekkrachten op de bouten boven de as van de staaf gelijk is aan het gezamenlijke moment der krachten op de bouten, beneden deze as werkende.

Verbinding van ijzeren balken.

1. Verbinding met hoekijzers (fig. 7):

De nagels (a) worden normaal belast op afschuiving; de bovenste tevens op trekkracht. De nagels b worden dubbelsnedig belast op afschuiving, terwijl met stuik moet worden rekening gehouden, daar de weerstand der dubbelsnedige bouten tegen afschuiving grooter is.

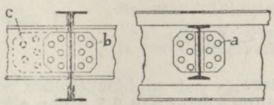


Fig. 7.

De stuikweerstand is $^3/_2 \times \sigma_{max} \times d \times \delta$

De afschuivingsweerstand der bouten (b) is:

$$2 \times {}^3/_4\ \frac{\pi\, d^2}{4} \times \tau_{max}$$

$$= 2 \times {}^3/_2 \times \frac{\pi\, d^2}{4} \times {}^4/_5 \times \sigma_{max}$$

Beide gelijkgesteld geeft:

$$^3/_2 \times d \times \delta = 2 \times {}^3/_4 \times \frac{\pi\, d^2}{4} \times {}^4/_5$$

waaruit:

$$\delta = 0{,}63\ d.$$

B-profielen (Grey-balken) hebben in dit geval bij gewone profielen vóór, dat δ grooter is.

Men kan ook δ vergrooten door de lijfplaten te verzwaren met vulplaten, waarbij buiten het koppelhoekijzer nog evenveel nagels in de vul- en lijfplaat worden bevestigd. (Zie bij *c*.)

Geconstrueerde ijzeren liggers.

Liggers geconstrueerd van plaat- en hoekijzers (fig. 8) (zie ook blz. 714):

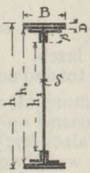


Fig. 8.

Is l de te overspannen lengte, dan is de *hoogte h* van den ligger gemiddeld $^1/_{10}$ à $^1/_{15}\ l$; bij bruggenbouw $^1/_6$ à $^1/_{10}\ l$.

De *dikte van de lijfplaat* wordt bepaald naar de grootste afschuivende kracht V. Is T de toe te laten trekspanning, dan moet dus

$$\delta \geqq {}^5/_4 \frac{V}{h_1\, T}$$

Volgens een empirische formule is de dikte gelijk aan

$$\delta = 0{,}1 + 0{,}015\, l \quad cM,$$

waarin l in Meter.

De *hoogte der hoekijzers* wordt bepaald naar een der formules

$$\beta = 6 + {}^1/_8\, l \quad \text{of} \quad \beta = 3{,}5 + \sqrt{l} \quad cM$$

waarin l in Meter.

De *randbreedte* B bepaalt men volgens de empirische formule

$$B = {}^1/_{10}\, h + (10 \text{ à } 20)\ cM,$$

waarin h in cM.

De vereischte nuttige *doorsnede* der randen is te vinden uit het moment der belasting op den ligger.

Is *b* de nuttige breedte van elk der randen, D de dikte, M_{max} het maximum moment der belasting, en W_o het weerstandsmoment van middenrib en hoekijzers, dan is

$$b\,D = \frac{M_{max}}{h_o\,T} - \frac{W_o}{h}.$$

De onderlinge *afstand der verstijvingen* van de middenrib bepale men naar de formule

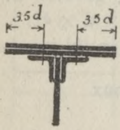
$$e = \frac{1\,000}{\sqrt{h}} + (20 \text{ à } 30) \text{ cM}.$$

De *afstand der bouten* kan als volgt worden berekend:
Is d de dikte van den bout, dan is de onderlinge afstand

$$a = \frac{{}^4/_5\,T\,\pi\,d^2\,h_1}{2\,V_{max}} \quad \text{als } d < 1{,}6\,\delta$$

en

$$a = \frac{{}^3/_2\,T\,d\,\delta\,h_1}{V_{max}} \quad \text{als } d < 1{,}6\,\delta$$

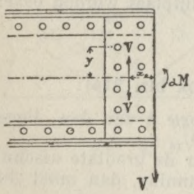

Fig. 9.

Randen der geconstrueerde liggers:
Komen de bouten bij de verdeeling korter dan 2,5 d van elkaar of is de afstand der boutrijen tot den rand grooter dan 3,5 d, dan komen op elk hoekijzer 2 boutrijen in verband. Dichte klinking krijgt men bij de randen, wanneer de uiterste boutrij niet meer dan 3,5 d van den rand af ligt (fig. 9); is deze afstand grooter, dan zijn twee boutrijen te nemen.

Lasschen van liggers.

Lasschen der lijfplaten van geconstrueerde liggers.

In den regel neemt men minstens 2 boutrijen evenwijdig aan den naad van de lasch. De bouten van elke op elkaar volgende rij kunnen tegenover elkaar of in verband liggen. De eerste wijze is beter, daar hierbij grooter moment kan worden overgebracht. In dit geval is dan de afstand van de rijen onderling te nemen op 2,5 à 3 d en in het tweede geval op 2—2,5 d. De afstand der bovenste en benedenste bouten van den rand zal 1,5—2 d bedragen.


Fig. 10.

Is (fig. 10) M = geheele buigingsmoment ter plaatse van de lasch,
α M = het gedeelte op den wand komend,
V = vertikaalkracht ter plaatse van de lasch,
T = toe te laten trekspanning in het materiaal,
δ = wanddikte van de lijfplaat,
d = boutmiddellijn,
F doorsnede van een rand,
h_o = zwaartepuntsafstand van de randen,
n = aantal bouten op elke zijde van de lasch,
x_o = zwaartepuntsafstand van deze bouten tot den naad,

dan zijn op de bouten over te brengen het moment α M — Vx_o en de vertikaalkracht V. Een bout neemt op een druk van k KG op een afstand 1 van de neutrale as; op een afstand y alzoo ky, dus alle bouten samen een moment Σ k y^2. Het moment α M, dat door den wand wordt opgeno- men is groot

$$M\,\frac{i}{I} \quad \text{waarin}$$

i = het traagheidsmoment van den wand
I = „ „ „ de geheele liggerdoorsnede.

of $\alpha = \frac{i}{I}$ of bij gelijke doorsnede der randen $= \frac{\delta\,h_o}{\delta\,h_o + 6F}$.

Men heeft dus $\Sigma\,k\,y^2 = \alpha\,M - Vx_o$
waaruit de druk *k* is te berekenen.

De totale kracht, waaraan een bout is blootgesteld, is gelijk aan

$\sqrt{\left(\frac{V}{n}\right)^2 + (k\,y)^2}$, en daar de bouten tweesnedig zijn, is de stuikspanning:

$\frac{1}{d\,\delta}\sqrt{\left(\frac{V}{n}\right)^2 + (ky)^2}$, welke $\leqq$ 1,5 tot 2 T moet zijn voor de grootste waarde van y.

Lasschen der hoekijzers: De hoekijzers neme men niet langer dan 10 Meter.

Het oppervlak der doorsnede van het laschhoekijzer moet gelijk zijn aan dat van elk der te verbinden hoekijzers. Om goed aan te sluiten, neme men de lengte der beenen van het laschhoekijzer gelijk aan de binnenwerksche maat der te verbinden hoekijzers, maar de dikte grooter (fig. 11).



Fig. 11.

Is F_1 = nuttige doorsnede van het laschhoekijzer dus gelijk aan die van het te verbinden hoekijzer.
n = gezamenlijk aantal bouten in het vertikale been van het laschhoekijzer aan elke zijde van de lasch.
n_1 = aantal bouten op elke zijde van de lasch voor overdracht van de noodige doorsnede.
n_2 = aantal op elke zijde van de lasch voor overdracht van de schuifkracht in het vertikale been van het laschhoekijzer.
a = maatgevende boutafstand voor de schuifkracht.

v = schuifkracht in den rand. $\left(v = {}^4/_5\,\frac{V}{h_o}\right)$

S = toe te laten drukspanning in den rand
en d (= dikte bout) $\leqq 2\,\delta$
dan is

$$n_1 = \frac{4\,F_1}{\pi\,d^2}\,, \qquad n_2 = \frac{2\,a\,v}{\pi\,d^2\,S}$$

en $\quad n = {}^1/_2\,n_1 + n_2.$

Lasschen der randplaten: De randplaten neme men niet langer dan 10 Meter. De laschplaten krijgen gelijke dikte als de randplaten. Ligt de te lasschen plaat niet direct bovenaan, maar onder één of meer ongelaschte, dan moet de lasch des te langer zijn, hoe verder de te lasschen plaat van boven afligt en is het verkieslijk de laschplaat zoo lang te nemen, als waren de tusschengelegen randplaten mede gelascht.

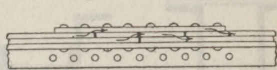


Fig. 12.

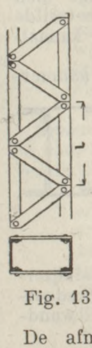
Om laschplaten te sparen, brenge men zooveel mogelijk alle randplaten onder gemeenschappelijke lasch (fig. 12).

Is n = aantal bouten om de kracht van één randplaat over te brengen.
n_1 = grootste aantal bouten in één plaatdoorsnede vallende.
b = breedte van de plaat.
d = boutdikte $\leqq 2\,\delta$

dan is $\quad n = {}^5/_4\,\frac{(b - n_1\,d)\,\delta}{{}^1/_4\,\pi\,d^2}$, berekend op afschuiving

of $\quad n = \frac{b - r_1\,d}{1{,}5\,d}$, berekend op stuik.

Geconstrueerde ijzeren staven.



Staven van kanaal- (fig. 13) *of hoekijzers verbonden door dwarsijzers:*

Is L = totale lengte van de staaf
l = lengte tusschen de mazen
r = de kleinste traagheidsstraal voor een enkel kanaal- of hoekijzer
R = de kleinste traagheidsstraal voor de geheele doorsnede, dan kan l gevonden worden uit:

$$= \frac{r\,L}{R}$$

Fig. 13. Bij gebruik van hoekijzers kan dezelfde regel worden toegepast, maar neme men de dwarsijzers dubbel in den vorm van kruisen.

De afmetingen der kruisstaven moeten niet kleiner zijn dan die aangegeven in de tabel op pag. 1066:

Afstand l bij kanaalijzers of ½ l bij hoekijzers	Afmetingen der kruisstaven in mM
minder dan 15 cM	32 × 6
15 cM of minder dan 18 „	38 × 6
18 „ „ „ 23 „	44 × 8
23 „ „ „ 25 „	50 × 8
25 „ „ „ 40 „	50 × 9^5
40 „ „ „ 50 „	58 × 11
50 „ „ „ 60 „	63 × 12^5
60 „ en daarboven.	alleen hoekijzers

Kolommen en stijlen.

Gegoten ijzeren kolommen.

Bij zware kolommen worden de voetplaten en de kolommen afzonderlijk gegoten; bij lichte kolommen giet men de voetplaten direct aan de kolom.

Bij kleinere middellijn dan 40 cM van de kolom en kleinere lengte dan 4 Meter mag de wanddikte nergens meer dan 0,5 cM verschillen. Bij grootere middellijn en lengte wordt voor elke 10 cM grootere middellijn en elken Meter grootere lengte het toe te laten verschil in wanddikte van 0,5 cM met 0,1 cM verhoogd.

De wanddikte mag in geen geval kleiner zijn dan 1 cM.

Indien het mogelijk is, moeten de kolommen staande worden gegoten, daar hierbij geen doorbuigen van de gietkern mogelijk en de wanddikte regelmatiger is.

Getrokken ijzeren kolommen.

De getrokken ijzeren kolommen zijn bijna steeds goedkooper dan die van gietijzer. De verbindingen en opleggingen kunnen tevens eenvoudiger geconstrueerd worden.

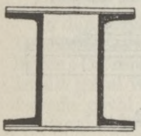


Fig. 14.

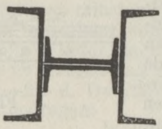


Fig. 15.

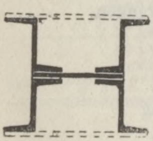


Fig. 16.



Fig. 17.

Kwandrantijzerkolommen zijn duur wegens het vele klinkwerk en den hoogen prijs van het kwadrantijzer.

In fabrieksgebouwen gebruikt men voor kolommen dikwijls twee kanaalijzers, welke op bepaalde afstanden of over de geheele lengte door ijzeren platen verbonden worden. (Zie fig. 14.)

Hierbij kunnen de moerbalken tusschen de kanaalijzers doorloopen, terwijl de transmissieassen en machinedeelen gemakkelijk bevestigd kunnen worden. De kolom is tevens goedkoop.

Bij zwaardere belastingen bezigt men het profiel volgens fig. 15, of wel hetzelfde profiel, waarbij de beide middelste kanaalijzers vervangen zijn door een balkijzer met breede flenzen (B profielen).

Voor lichte belastingen kan ook de constructie met **Z** balken (fig. 16) in aanmerking komen; moeten voor zwaardere belastingen wandplaten geklonken worden, dan maakt het aantal boutverbindingen de constructie te duur. In Amerika vindt men ook veel de constructie volgens fig. 17 toegepast, waarbij gebruik gemaakt wordt van twee gebogen **I** balkdoorsneden (de zoogenaamde Larimerkolom). Deze constructie munt uit door eenvoud en goedkoopte.

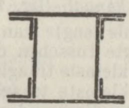


Fig. 18.

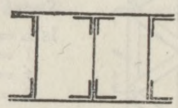


Fig. 19.

Voor zeer zware belastingen en hooge kolommen, waarbij de normale balkijzerprofielen te klein zijn, moet worden gebruik gemaakt van de zoogenaamde doosdoorsnede (fig. 18 en 19) waarbij allerlei combinaties mogelijk zijn en het aantal wandplaten naar willekeur kan worden vermeerderd.

(Zie voor het draagvermogen van kolommen bldz. 711 e.v.).

Ventilatie.

Litteratuur.

F. G. Unger. Centrale verwarming en luchtverversching van gebouwen. 1913. L. J. Veen.
N. G. van Huffel. Ventilatie.
Joh. Kelling. Verwarming en ventilatie van Ziekenhuizen en Scholen.
Joh. Körting. Verwarming en ventilatie.
B. Swaab. Ventilatie.
Max Rubner. Lehrbuch der Hygiene. 1907. 8. Aufl. Deuticke, Wien.
H. Rietschel. Leitfaden z. Berechnen u. Enfwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. 1913. 2 B'de. 5. Aufl. Springer.
A. Wolpert. Theorie u. Praxis der Ventilation u. Heizung. 4 B'de. 4. Aufl. 1896—1905. W. & S. Löwenthal.
H. Recknagel. Lüftung und Heizung. Sonderabdruck II. Bd. d. Handbuch der Hygiene.

Luchtverontreiniging.

Volgens het eerste rapport (1916) van de Commissie voor het onderzoek naar de luchtverontreiniging in Engeland bedraagt de samenstelling van normale lucht:

zuurstof	20.94
stikstof	78,09
argon	0,94
koolzuur (CO_2)	0,03
helium, krypton, neon, enz.	sporen
samen	100,00.

Veelal dient het gehalte aan koolzuur tot maatstaf van de luchtverontreiniging.

Een volwassen mensch ademt in 24 uur ongeveer 9 à 10 M³ in- en uit. Bij rust in zittende houding is de benoodigde luchthoeveelheid het geringst (ongeveer 20 à 30 %). De uitgeademde lucht bevat voor ongeveer 4,3 % koolzuur. Voor de gezondheid gevaarlijk is:

8 volumeprocent zuivere koolzuur bevattende buitenlucht (8 CO_2, 18,4 O en 73,6 N).
4 volumeprocent koolzuur bevattende uitgeademde lucht (4 CO_2, 16 O en 80 N)
0,08—0,2 vol. procent kooloxyde bevattende lucht.

Voor een behaaglijk gevoel mag niet meer koolzuur dan 0,7 per mille aanwezig zijn. Buitenlucht bevat ± 0,3 ‰ koolzuur.

Koolzuurontwikkeling van verschillende lichamen:

gas-vleermuisbrander	9—14	Liter per uur per N.K.
,, -Argandbrander	7,2	,, ,, ,, ,, ,,
,, -Auerbrander	6—6,5	,, ,, ,, ,, ,,
petroleumlamp	3—9	,, ,, ,, ,, ,,
waskaars	11,8	,, ,, ,, ,, ,,
stearinekaars	13	,, ,, ,, ,, ,,
electrisch booglicht	sporen	,, ,, ,, ,, ,,
,, gloeilicht	0	,, ,, ,, ,, ,,

Grootte der luchtwisseling. Gemiddeld kan men voor volwassen menschen 35 M³ en voor kinderen 10—25 M³ versche lucht per hoofd per uur rekenen. Voor een goede ventilatie gaat men voor verschillende gebouwen van de volgende hoeveelheden uit:

ziekenhuizen per bed per uur 70—100 M³; kinderen de helft.
schouwburgen, enz. per hoofd per uur 25—40 M³.
scholen 2—2,5-voudige luchtververschingper uur.
fabrieken en werkplaatsen per hoofd minstens 15 M³ luchtruimte en 20 M³ luchtverversching per uur; bij ontwikkeling van stof en gassen 40 en 40—60 M³ per hoofd.
magazijn- en winkelruimten 2—5 voudige luchtverversching.
woonkamers en kantoren 1—2 ,, ,,
privaten, keukens, enz. tot 5 ,, ,,

Grootere luchtwisseling dan een vijfvoudige per uur kan men voor woonvertrekken moeilijk nemen, daar dan tocht wordt veroorzaakt. Een snelheid der lucht van 0,50 M per secunde is nog onmerkbaar. In 't algemeen zal men in de practijk wegens gebrek aan middelen bovenstaande hoeveelheden moeilijk kunnen aanhouden.

De luchthoeveelheid, welke noodig is om een zeker koolzuurgehalte niet te overschrijden, kan uit het volgende koolzuurverbruik worden bepaald:

Per uur geeft bij normale temperatuur en druk gemiddeld

een volwassen mensch	20—22 L.	
kind van 5—7 jaar	8,25 „	schoolkind 11 L
petroleumlamp	61 „	
gaslamp (140 L gas per uur verbruik) . . .	92 „	
kaars	20 „	koolzuur

De hoeveelheid lucht, welke gedurende zekere tijdsruimte voor één persoon voldoende is, is niet voldoende, wanneer zij per man aan meerderen tegelijk wordt verstrekt.

Doorlatingsvermogen van muurwerk en wanden.

Is h de doorstroomende hoeveelheid lucht in M^3 per uur door 1 M^2 wandoppervlak,
p het drukverschil in KG per M^2,
d de dikte van den doorlatenden wand in millimeter,
en c een coëfficiënt, van het materiaal afhankelijk,
dan is

$$h = \frac{c\,p}{1000\,d}$$

Waarden van c of de hoeveelheid lucht in M^3, welke bij een drukverschil van 1 KG per M^2, door 1 M^2 van een 1 mM dikken wand per uur gedrukt wordt:

Volgens *C. Lang*:	zandsteen	0,118—0,13	
	baksteen	0,087—0,383	
	luchtmortel	0,907	
	droge beton	0,258	
	droge portland-cement . . .	0,137	
	gegoten gips (gipsplaten) . . .	0,041	
	eikenhout	0,007	} veranderlijk met het watergehalte.
	naaldhout	1,010	
Volgens anderen:	klinkers (verglaasd)	0,000	
	klinkers (onverglaasd)	0,145	
	zachtgebrande steen	0,312	
	tufsteen	20,73	
	bepleistering met gips	0,040 1	
	bepleistering met kalk en zand	0,029 41	

Gemiddeld wordt het doorlatingsvermogen verminderd door:

schilderen met lijmverf	met	50 %
schilderen met kalkverf, witsel, enz.	„	25 %
inwrijven met was, paraffine, oliën, enz.	„	100 %
gewoon behang	„	18 %
glanzend „	„	40 %
bekleeding met behangsel de helft minder.		

Zijn de muren vochtig of met water doortrokken, dan vermindert het doorlatingsvermogen met 80—90 %. Natte materialen ventileeren niet; vandaar het schadelijke van vochtige muren.

Natuurlijke ventilatie.

In een ruimte, waar bij absolute windstilte een temperatuursverschil met de omgeving heerscht, zal in het algemeen een luchtbeweging plaats vinden van beneden naar boven, wanneer de buitenlucht kouder en van boven naar beneden, wanneer de buitenlucht warmer dan de binnenlucht is.

De drukkingen nemen van een zekere in het midden der ruimte liggende neutrale zone naar boven en naar beneden toe. De ligging van deze neutrale zone hangt van de doorlaatbaarheid der begrenzende vlakken af en ligt dichter bij de meest doorlaatbare deelen, daar de in- en uittredende luchthoeveelheden gelijk moeten zijn.

Onder de *doorlaatbaarheid* bij natuurlijke ventilatie verstaat men de hoeveelheid

M^3 lucht, welke door 1 M^2 begrenzingsvlak bij een drukverschil van 1 KG/M^2 in één uur wordt ingebracht of uitgestooten.

De doorlaatbaarheid, welke van het doorlatingsvermogen (zie boven) der wanden afhankelijk is, wordt in het algemeen aangenomen:

voor vloeren 2—5,

„ vertikale begrenzingen, waarin ± 15 % vensteroppervlak en onbehangen muren ± 3.

De natuurlijke luchtwisseling is bijna evenredig aan het temperatuursverschil binnen en buiten; gemiddeld valt 25 % van de totale wisseling voor rekening van reten en voegen en 75 % van vloeren, plafonds, zolders en wanden. De getallen zijn evenwel zeer van den plaatselijken toestand afhankelijk.

Volgens verschillende onderzoekingen is de natuurlijke ventilatie van vertrekken gelijk aan een 0,01 — tot 0,05 voudige vernieuwing der lucht per uur per graad Celsius temperatuursverschil binnen en buiten. Om de werking der natuurlijke ventilatie te kunnen nagaan, kan men gebruik maken van de methode van *Pettenkofer*, waarbij de formule, door *Seidel* gegeven, wordt toegepast. Men laat in het vertrek stearinekaarsen branden, totdat een bepaald koolzuurgehalte k_1 bereikt is, hetgeen nauwkeurig wordt bepaald. Na een half uur ventileeren wordt het koolzuurgehalte k_2 weder bepaald. Is V de ventilatie, M de inhoud in M^3 van het vertrek en k het koolzuurgehalte van de buitenlucht, dan is

$$V = 2{,}303 \times M \log \frac{k_1 - k}{k_2 - k}$$

b.v.: In een kamer met M = 75 M^3 branden op den grond 20 stearinekaarsen gedurende een half uur. Na dit half uur vindt men voor $k_1 = 3{,}2\,\%$ en na het ventileeren $k_2 = 0{,}275\,\%$. Is het koolzuurgehalte der buitenlucht $k = 0{,}05\,\%$, dan is

$$V = 2{,}303 \times 75 \times \log \frac{0{,}032 - 0{,}0005}{0{,}002\,75 - 0{,}0005}$$

$$\text{of} = 29{,}3 \quad \text{of per uur } 58{,}6\ M^3.$$

De totale luchtvernieuwing vindt dus plaats in $\frac{75}{58{,}6} = 1{,}3$ uur en is onvoldoende.

De werking der *kunstmatige* ventilatie bepaalt men met trekmeters (areometers), welke men plaatst in de kanalen of afvoerkanalen der ventilatieinrichting. Deze trekmeters zijn voorzien van telwerk of ze zijn zelfregistreerend en geven de snelheid der lucht per seconde aan. Het onderzoek moet gedurende vijf minuten meerdere malen gedaan worden en wel op verschillende punten van de luchtkanalen. Dan neemt men uit deze verschilllende uitkomsten het gemiddelde. Uit dit gemiddelde, vermenigvuldigd met de doorsnede van het kanaal, berekent men dan de verplaatste luchthoeveelheid.

Kunstmatige ventilatie.

Deze bestaat in den kunstmatigen toevoer van versche lucht met gelijktijdigen afvoer van de bedorven lucht. Men kan dit bewerken door:

1. het inbrengen van lucht onder zekeren druk, dus door kunstmatige verlaging van de neutrale zone.
2. door het wegzuigen van de bedorven lucht en dus door kunstmatige verhooging van de neutrale zone.

Daarbij kan de beweging der lucht plaats hebben tengevolge van temperatuursverschillen of op mechanische wijze. Gewoonlijk wordt de kunstmatige ventilatie met de verwarming verbonden.

Reiniging van de lucht.

De reiniging kan geschieden door middel van stofkamers of door luchtfilters. De eerste hulpmiddelen zijn de beste. Voor de laatste kan men nemen wollen of katoenen stoffen en water. Het voeren door watersluiers of lagen is af te keuren; beter is het neerslaan van de stof door een regen, hoewel bij al deze inrichtingen de weerstand zeer groot is en de lucht te veel vocht medevoert.

Om in den winter tocht te vermijden moet de lucht worden voorgewarmd, hetwelk in de te ventileeren ruimte zelf kan geschieden of van uit een centrale inrichting. Bij zeer verdeelde intrede behoeft de lucht niet voorgewarmd te worden.

Ventilatieinrichtingen berustende op temperatuursverschillen.

A. *Inrichtingen met verwarming in de te ventileeren ruimte.*

Hierbij wordt de versche lucht volgens den kortsten weg gevoerd naar de verwarmingslichamen, welke tevens tot verwarming van de ruimte dienen. De beste plaats der verwarmingslichamen is bij de borstweringen der vensters, waarbij de instrooming der lucht van onderen naar boven moet geschieden.

Voordeelen van deze ventilatiewijze zijn:

1°. Goede verdeeling van de toevoerlucht met de circuleerende verwarmde lucht.
2°. Goedkoope aanleg.

Daar het verwarmingsoppervlak bij de laagste buitentemperatuur voldoende zijn moet, blijft bij hoogere buitentemperaturen een deel er van tot voorwarming van de ventileerende lucht beschikbaar.

Deze ventilatiewijze vindt toepassing bij goedkoope, eenvoudige inrichtingen, ook bij ziekenhuizen om lange, moeilijk schoon te houden kanalen te vermijden.

Nadeelen zijn:

1°. De onmogelijkheid om de toevoerlucht te reinigen; 2°. ongunstige invloed van windstooten; 3°. verminderde of onvoldoende werking bij ligging der ruimten van den wind af; 4°. vorstgevaar bij warmwaterverwarming.

Doelmatiger is het de ventilatie van de verwarming afgezonderd te houden.

B. *Inrichtingen met centrale vóórverwarming.*

Hierbij heeft men voor de verschillende ruimten een zoo laag mogelijk gelegen gemeenschappelijke verwarmingskamer, zoo mogelijk met direct loodrecht opgaande luchtstroomen.

Ieder kanaal wordt afzonderlijk van uit deze verwarmingskamer geleid.

De verwarmingskamer moet zijn van gevoegd metselwerk, zoo mogelijk met daglichting. Als verwarmingslichamen kunnen dienen direct gestookte kachels, beter laagdrukstoomverwarming. Deze lichamen worden in groepen verdeeld, zoo mogelijk in horizontale rijen.

Deze ventilatiewijze wordt veel toegepast. Bij ziekenhuizen zijn afgescheiden verwarmingskamers voor iedere verdieping doelmatiger om den invloed van tegengestelde stroomen te vermijden.

Afvoer van de lucht.

De luchtafvoer in verwarmde woonvertrekken geschiedt het best in de nabijheid van den vloer, vooral omdat het koolzuurgehalte in een woonvertrek overal gelijk is. In ruimten, waar de temperatuur verhoogd wordt door verlichting, enz. geschiedt de afvoer het best bij het plafond. Veelal bezigt men onder- en bovenafvoeropeningen, welke in één gemeenschappelijk kanaal zijn aangebracht.

In fabrieks- en andere overkapte ruimten bezigt men veelal een onbeschoten dak van niet aangestreken pannen of anders ventilatie- of jalouziekappen ter plaatse van den dakruiter. De laatste voldoen minder goed wegens belemmering der luchtstrooming, vooral bij wind. In den zomer is er geen luchtwisseling, omdat de lucht in de kap dikwijls nog warmer is dan buiten en in den winter is zij te groot, indien zij niet kunnen worden gesloten. Beter is de toepassing van schoorsteenvormige z.g. spleetventilatiekappen, welke boven open blijven of op goede hoogte worden afgedekt en liefst gevormd moeten zijn door naar de windrichting verstelbare dichte wanden.

Inrichtingen met mechanischen luchttoevoer.

Moet de lucht verwisseld worden onafhankelijk van de buitentemperatuur, dan kan luchtbeweging alleen met mechanische middelen plaats vinden. Daarvoor dienen:

A. *Schroefrad- of schroefventilatoren.*

Zij worden gebezigd om groote luchthoeveelheden te verzetten bij betrekkelijk kleine weerstanden; de hoogste grens is 30—40 KG/M² (mM waterhoogte) weerstand. Men heeft ze in grootten van 200—3000 mM; de omtrekssnelheid bij geruischloozen gang is 20—30 M per sec. De luchthoeveelheid is bij vrije in- en uittrede evenredig aan het omwentelingsgetal; de benoodigde kracht nagenoeg evenredig aan de 3e macht van het omwentelingsgetal.

Het aantal M³ lucht, dat door een ventilator per minuut kan worden toegevoerd, is te berekenen uit de formule

$$Q = 0{,}8\ (D^2 - d^2) \times B \times N$$

waarin Q aantal M³ lucht per minuut,
d = grootste middellijn van den waaier in Meter.
d = de grootste middellijn verminderd met 2 maal de lengte van een waaierblad.
B = breedte der waaierbladen in Meter.
N = aantal omwentelingen per uur.

B. *Centrifugaalventilatoren.*

Zij worden vervaardigd voor zuig- en druk en bij weerstandshoogten tot 700 mM waterkolom (KG per M²). Grootten: 200—8000 mM vleugeldoorsnede. Voor gelijke luchthoeveelheden en drukhoogten is de aanleg duurder dan de schroefventilatoren. Bij vermindering der afvoeropening stijgt bij de meeste constructies de drukhoogte slechts weinig; de geleverde luchthoeveelheid en de benoodigde kracht zijn dan nagenoeg evenredig aan de afvoeropening bij gelijkblijvend omwentelingsgetal. De bereikbare drukhoogte is evenredig aan het kwadraat van het aantal omwentelingen. Het nuttig effect is 0,50—0,75.

C. *Lucht-, stoom- en waterstraal-ventilatoren* vinden toepassing bij aanwezigheid van druklucht-, stoom- en waterinrichtingen. Zij hebben alle het nadeel van veel geruisch te geven.

D. *Inrichtingen, welke van de windkracht gebruik maken* zooals ventilatiekappen zuigkappen, deflektoren, enz.

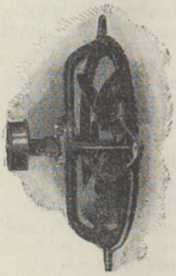


Fig. 1.

Afmetingen en prijzen van schroefventilatoren (Sirocco-ventilatoren): (Fig. 1).

Middellijn vleugelrad mM	Middellijn geheele opening mM	Aantal omwentelingen per minuut	Vermogen per minuut in M³	Benoodigde kracht PK	Gewicht KG	Prijs (1912) Gld.
318	420	1000—1500	31— 47	1/16—3/16	12	48
381	495	800—1400	43— 77	1/8—3/8	17	60
445	565	600—1300	53— 112	1/8—5/8	26	72
508	645	500—1200	64— 154	1/8—7/8	35	84
635	785	400—1100	101— 276	1/8—1 7/8	49	102
762	925	400—1100	174— 479	1/4—3 1/2	79	144
889	1065	300— 800	208— 555	1/4—4 5/8	100	186
1016	1195	300— 700	309— 722	1/2—4 5/8	148	228
1143	1340	300— 650	426— 954	5/8—5 7/8	201	270
1270	1485	250— 600	499—1222	5/8—7 3/4	320	324
1397	1620	200— 550	522—1467	5/8—10 3/8	367	378
1524	1765	200— 500	534—1744	3/4—10 1/2	427	450

Verwarming.

Litteratuur. Zie ook pag. 1067.

H. Rietschel. Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen.
Ir. F. G. Unger. w.i. Verwarming en ventilatie.
D. K. Meulenkamp. Centrale verwarming. Uitg. Oosterbaan, Goes.
John R. Allen. Textbook on Heating and Ventilation. Reviewed bij D. D. Kimball. Mc. Graw-Hill Book Co. N.-York.
K. v. d. Heyden. Verwarming en Ventilatie. 2 dln.
B. H. Thomas. Handboek voor den aanleg en de berekening der verwarmingsinrichtingen.

Hoeveelheid warmte door verschillende lichamen ontwikkeld.

Verlichting:

Per Hefnerkaars (= 0,83 Normaalkaars) worden per uur gemiddeld de volgende hoeveelheden warmte ontwikkeld:

petroleum	32—40 W.E.	
lichtgas (Braybrander)	66,5 „	(door straling alleen 10,5 W.E.)
„ (Argandbrander)	50 „	
„ (vleermuisbrander)	79 „	(door straling alleen 7 W.E.)
gasgloeilicht	8—10 „	„ „ „ 8 „
spiritusgloeilicht	10,6 „	
acetyleen	8,9 „	
electrisch gloeilicht	2,59 „	(door straling alleen 2,5 W.E.)
„ booglicht	0,26 „	

Menschen:

De warmteafgave door menschen is bij gemiddelde temperatuur volgens *Rübner* en *Barral:*

zuigeling ca.	16	W.E. per uur (*Rübner*).
volwassene in rust ca.	96	„ „ „ „
„ bij gewonen arbeid ca.	118	„ „ „ „
„ bij zwaren „	140	„ „ „ „
„ van hoogen leeftijd „	90	„ „ „ „
kind van 6 jaren c.	61	„ „ „ „
Man „ 29 „ bij —0,5° C	153	„ „ „ (*Barral*).
„ „ 29 „ „ + 20,2° „	112	„ „ „ „

In 't algemeen kan worden gerekend, dat een mensch per KG gewicht 2,0 W.E. per uur afgeeft; voor een gemiddeld gewicht van 75 KG wordt dit dus ca. 150 W.E. per uur.

Het lichaamsoppervlak van een volwassen mensch bedraagt 1,50—2,20 M².

De *hoogste temperaturen*, welke een mensch verdragen kan, zijn:

in droge lucht	127,8° C	8 minuten lang
„ „ „	110,0° „	12 „ „
in zeer vochtige lucht	48,3°—54,4° „	15 „ „
„ „ „ „	48,88° „	20 „ „

Benoodigde temperaturen voor verschillende vertrekken.

Vertrekken, waarin men meerendeels zittend vertoeft, (woonkamers, kantoren, school- en vergaderlokalen	18—20° C
Vertrekken, waarin men meerendeels lichaamsbeweging onderhoudt, (werkplaatsen, gymnastieklokalen, enz.)	12—15° C
Trappenhuizen, gangen, privaten, vestibules, kerken e. a. waar men alleen met buitenkleederen vertoeft	10—15° C
Ziekenzalen, badkamers, enz.	20—22° C
Slaapzalen en vertrekken	12—15° C

Men verstaat onder de gemiddelde ruimtetemperatuur die, ter hoogte van het hoofd gemeten.

De laagste buitentemperatuur kan men voor Middel-Europa stellen op —20° C

Voor niet verwarmde aanliggende ruimten kan men bij —20° C. buitentemperatuur, de volgende temperaturen aannemen:

Kelders en voortdurend gesloten ruimten . . . . 0° C
Met de buitenlucht in verbinding staande ruimten, portalen, hallen, enz. — 5° C
Onmiddellijk onder het dak liggende ruimten bij metalen en leien daken —10° C
Idem bij pannen, cement en asphaltdaken . . . . — 5° C
Gemiddelde jaartemperatuur van den grond . . . .+ 7 à 8° C

De berekende warmteverliezen zijn nog als volgt te vermeerderen:

voor vlakken in ruimten gelegen op het Noorden . . . . 20 %
„ „ „ „ „ „ „ N.O., N.W. en O. . . . . 15 %
„ „ „ „ „ „ „ Westen . . . . 5 %
hoekvertrekken met tegenoverelkaar liggende buitenwanden . . . . 10 %
voor ruimten hooger dan 4 Meter, voor elken Meter hoogte meer (tot het max. bedrag van 20 %) . . . . 2½ %
Evenzoo ,wanneer in korten tijd op de verlangde temperatuur moet gebracht worden voor beschutte vertrekken . . . . 10 %
„ openliggende „ . . . . 30 %
„ groote ruimten (kerken, vergaderlokalen) . . 50 %

Bepaling van de benoodigde hoeveelheid warmte.

De warmte plant zich van het eene lichaam op het andere voort door geleiding en straling.

Voor de berekening der hoeveelheid warmte, welke door *geleiding en straling* verloren gaat, kan men uitgaan van de formule:

$$W = O\,(t - t_1)\,C,$$

waarin W = aantal warmte-eenheden (WE) per uur.
O = het oppervlak der wanden, vloer en zoldering in M^2,
t = de temperatuur van het vertrek, welke moet worden onderhouden,
t_1 = „ „, „ de buitenlucht,
C = transmissiecoëfficiënt verschillend voor verschillende wanden en naar gelang van de dikte der wanden, luchtsnelheden bij de wanden, enz.

Heeft men wanden of vloeren van verschillend materiaal, dan kan men de formule van *Péclet* toepassen

$$W = \cfrac{1}{\frac{e}{c} + \frac{e'}{c'} + \frac{e''}{c''} + \ldots\ldots}$$

waarin e, e′, e″ enz. de dikte der enkele lagen in meters en c, c′, c″ de daarbij behoorende transmissiecoëfficiënten.

De achtereenvolgende ligging der lagen zou volgens deze formule theoretisch geen invloed uitoefenen, practisch zal men verschil hebben, wanneer men b.v. de isoleering binnen of buiten aanbrengt. Een van binnen geïsoleerde ruimte is aan de schommelingen van den koudetoevoer meer onderworpen dan een van buiten geïsoleerde; verder heeft een naar buiten onbeschutte muur door den directen invloed van wind en vocht grooter warmteverlies. Men zou daarvoor de formule van *Péclet* van speciale coëfficiënten moeten voorzien.

In de practijk gebruikelijke *transmissiecoëfficiënten* aangeven de het warmteverlies in WE per uur per M^2 afkoelingsoppervlak voor 1° C. temperatuursverschil der binnen- en buitenlucht.

(Zie ook de normen des Österreichischen Architekten -und Ingenieurs-Vereins in de Gesundheitsingenieur 28 Jan. 1907).

Muren van baksteen:

Dikte van den muur in Meter	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88
buitenmuren	2,40	1,70	1,45	1,10	1,00	0,85	0,75	0,65
idem met spouw	—	1,40	1,20	1,00	0,88	0,78	0,70	0,60
„ met natuursteenbekleeding .	—	1,90	1,60	1,35	1,15	1,00	0,85	0,75
binnenmuren	2,20	1,60	1,40	1,15	0,98	0,83	0,70	0,60

Wanden:

van hout	dikte cM	1	1,5	2,0	2,5
	C =	2,7	2,4	2,1	1,9
van gipsdeelen.	dikte cM	3	5	7	10
	C =	3,2	2,9	2,64	2,33

Metaaldraad-of gaasbepleistering dikte 4—6 cM, C = 3,00, dikte 6—8 cM C = 2,4

zolderbalklaag met houten vloer dik 3 cM . . . . C =	1,5
steenen deklaag met houten vloer . . . . C =	2,0
gewelven met houten vloer . . . . C =	0,6
gewelven met massieven vloer . . . . C =	1,0
houten vloer op balken boven den grond . . . . C =	0,8
steenen vloer zonder kelder . . . . C =	1,4
idem met „ . . . . C =	1,0
plafonds . . . . C =	0,5
asphalt en metaalbedekking op houten bebording dik 2,5 cM . . C =	2,2
gegolfd plaatijzeren dakbedekking zonder bebording . . . . . C =	10,4
dakbedekking in het algemeen . . . . C =	1,5
eenvoudig schuifraam . . . . C =	5,0
dubbel openslaand raam . . . . C =	3,0
enkel bovenlicht . . . . C =	5,0
dubbel bovenlicht . . . . C =	3,0
daklichten . . . . C =	5,3
deuren . . . . C =	2,0

Heeft het te verwarmen gebouw meer dan twee verdiepingen, dan kunnen de tusschen de eerste en bovenste verdieping gelegen vertrekken door hun ligging in dezelfde omstandigheden minder warmte krijgen.

Locale verwarming.

Verwarming met kachels.

De kachel geeft haar warmte aan de omgeving af door uitstraling en aanraking. De stralende warmte is de minst hygiënische, maar haar uitwerking is omgekeerd evenredig met den afstand. Meer nut trekt men dus van de verwarming door aanraking met de lucht.

Omdat sterk verhitte lucht ongezond is en de stofdeeltjes gaan verkolen, hetgeen een onaangename atmosfeer geeft, dienen de kachelwanden nimmer gloeiend te staan.

Om de warmtestraling te bevorderen, neme men de kachelwanden van materiaal met hooge warmtestraling, zooals gepotlood ijzer of emaille (geen nikkel of gegalvaniseerd ijzer.)

Als brandstof voor kachels komen die brandstoffen in aanmerking, welke een hoog koolstof- en een laag waterstofgehalte bezitten. Al heeft de waterstof een hooge verbrandingswaarde, een groot gehalte aan dit element veroorzaakt evenwel een snelle verbranding met langere vlam, hetgeen voor een kachel niet economisch is. Een laag aschgehalte is ook gewenscht, terwijl de smeltbaarheid daarvan gering moet zijn.

Om de vorming van het giftige kooloxyde te vermijden, dient men een hooge brandstofkolom te vermijden. Het in eersten aanleg door de verbranding gevormde koolzuur of kooldioxyde wordt namelijk door de gloeiende koolstof weer ontleed in kooloxyde. Dit gevaar heeft men bij alle kolomkachels, die met cokes of anthraciet worden gevoed.

De *Oud-Hollandsche kolomkachel* van plaatijzer leent zich *minder* voor het stoken met cokes of kolen, daar het plaatijzer door de brandstof wordt aangetast.

Beter is de *Salamander-kachel*, welke een kolomkachel is met steenen voering, welke steenlaag veel warmte via den plaatijzeren wand uitstraalt. De kachel is een goede warmtestraler, wanneer zij goed brandt, maar nog niet economisch, terwijl de slakken dikwijls met de steenbekleeding aangroeien. Beter is de *Calorifère-kachel*, bestaande uit een in één stuk gegoten ijzeren kolom, opgeborgen in een mantel van geëmailleerd rasterwerk, welke een goeden luchttoevoer vrijlaat en directe aanraking van de heete kachelkolom voorkomt. Zij is voor alle soorten brandstof bruikbaar. De brandstofkolom is lager, maar men moet ze geregeld onder vuur houden en bijvullen. De uit de verbranding achterblijvende steenen kan men

alleen verwijderen door leegbranden en uithalen van de kolom uit den mantel. Meer en meer gaat men tot de *vulkachel* over, welke in haar binnenruimte door den vuurkorf of vuurpot in twee vakken wordt verdeeld, welke met elkander in verbinding staan door de roosteropeningen van den vuurpot. In het bovenvak tot even boven den vuurpot de vultrechter, welke door haar vernauwden mond de brandstof aanvoert. De lage vuurkolom in den vuurpot voorkomt de vorming van kooloxyde ook bij getemperden luchttoevoer. De warmteoverdracht geschiedt door circulatie veelal achterwaarts, dan benedenwaarts en daarna bovenwaarts in den schoorsteen. Bij de nieuwere systemen zijn de nadeelen van groote wrijving en roetafzetting ten gevolge van die circulatiegangen ondervangen door het maken van een dubbelen wand om den brandstoftrechter, waardoor de verbrandingsgassen circuleeren en dus in den schoorsteen worden afgevoerd.

Het thermisch nuttig effect van een gewonen kolenkachel kan op 15 % worden gesteld en met circulatie op 20 %.

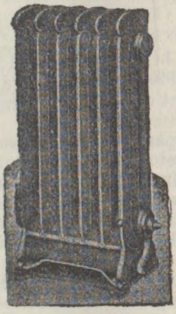


Fig. 1.

Verwarming met gas.

Hierbij gebruikt men veelal het lichtgas der gasfabrieken, hetwelk met lichtende of niet lichtende vlammen ontstoken wordt in kachels, voorzien van warmte-opnemende en uitstralende stoffen of van reflektoren. 1 M^3 lichtgas levert 5000—5500 WE. Lichtende en niet lichtende vlammen geven practisch bij gelijk gasverbruik gelijke warmte. De afvoergassen moeten een temperatuur hebben van 70—90° C. om het bij de verbranding ontstaande water in damp mede te kunnen voeren.

Bij gewone bediening is op een nuttig gebruik tot 85 % der in het gas voorhanden warmtehoeveelheid te rekenen; indien de afvoer door een schoorsteen plaats heeft, is het nuttig effect minder. In het algemeen is het thermisch nuttig effect van een gewone gaskachel 40 % en met circulatie 60 %.

Gasstoomradiatoren (fig. 1):

Hierbij dient de gasvlam om het zich in den radiator bevindende water tot stoom te verdampen, welke laatste zijn warmte aan het toestel mededeelt. Zij zijn voorzien van zelfwerkende gas- en luchtregulateuren en komen in den handel met en zonder afvoer der verbrandingsproducten.

T a b e l a a n g e v e n d e h e t v e r w a r m i n g s v e r m o g e n, g a s v e r b r u i k p e r u u r e n d e n p r i j s v a n P a r k i n s o n ' s g a s s t o o m r a d i a t o r e n vóór den oorlog: (fig. 1)

Aantal dubbele buizen	4	6	8	10	
Hoogte 99 cM Prijs: Gld.	51,—	71,—	92,—	115,—	
Werkplaatsen, magazijnen, enz.	100	150	200	250	M^3
Kerken, openbare gebouwen, winkels, enz.	80	120	160	200	,,
Scholen, kantoren, vestibulen, enz. . . .	60	90	120	150	,,
Gemiddeld gasverbruik per uur	0,250	0,330	0,430	0,520	,,
Hoogte 81 cM Prijs: Gld.	46,—	64,—	82,—	102,—	
Werkplaatsen, magazijnen, enz.	80	120	160	200	M^3
Kerken, openbare gebouwen, winkels, enz.	65	95	130	160	,,
Scholen, kantoren, vestibulen, enz. . . .	48	70	95	120	,,
Gemiddeld gasverbruik per uur	0,230	0,300	0,360	0,430	,,
Hoogte 66 cM Prijs: Gld.	42,—	58,—	75,—	94,—	
Werkplaatsen, magazijnen, enz.	65	95	130	160	M^3
Kerken, openbare gebouwen, winkels, enz.	48	70	95	120	,,
Scholen, kantoren, vestibulen, enz. . . .	38	56	75	95	,,
Gemiddeld gasverbruik per uur	0,200	0,250	0,300	0,370	,,

Electrische verwarming.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de temperatuursverhooging, die in de electrische geleidingen plaats vindt bij toenemenden weerstand. De warmte afgevende lichamen worden gevormd door de leidingen zelf in den vorm van windingen of door electriciteit niet geleidende stoffen, welke met die leidingen in aanraking zijn. In het algemeen is een kachel van minstens 4 KW voor een middelgroote kamer benoodigd. Waar over brandstof te beschikken is, zullen de kosten van dit systeem veel hooger uitvallen dan bij gewone verwarming. Een nadeel van de electrische kachel is ook de stralende warmte, welke daarvan uitgaat. Wel is het thermisch nuttig effect hoog, nl. tot 98 %, terwijl de verdere voordeelen zijn de kleine ruimte, welke de verwarmingslichamen in beslag nemen en de gemakkelijke aanleg en plaatsing dier lichamen.

Centrale verwarming.

A. Stoomverwarming.

Water wordt in een ketel tot stoom verhit, welke door het buizennet en de verwarmingslichamen stroomt en aldaar condenseert. Het aldus gevormde water wordt door condensbuizen naar den ketel teruggevoerd, waar het opnieuw verwarmd, wederom in den vorm van stoom circuleert.

Door de hooge spanning, welke stoom kan verkrijgen en de aanzienlijke hoeveelheid latente warmte, welke bij de condensatie vrijkomt, is stoomverwarming tot groote uitgestrektheid toe te passen en speciaal de hoogdrukstoomverwarming. Niet in alle gevallen verdient zij aanbeveling, daar het transport veel warmte kost. Het warmteverlies van de hoofdleiding bij laagste buitentemperatuur bedraagt 4 % van de gezamenlijk gevorderde warmtehoeveelheid en bij de halve stoomhoeveelheid nagenoeg 8 %.

Voordeelig kan zij worden aangewend, waar stoom tevens benoodigd is voor het koken, wasschen, baden, desinfecteeren en voor het machinedrijven, vooral wanneer electriciteit moet worden opgewekt om als lichtkracht te dienen. De grootste hoeveelheid stoom wordt dan toch in de morgenuren bij het aanmaken der verwarmingsinrichting vereischt en de grootste lichtkracht 's avonds, als de verwarming wordt stopgezet.

Voor verwarmers, welke dienen voor directe verwarming der ruimten, is een zoo laag mogelijke spanning (van 0,1 atm. en daaronder) te verkiezen, daar met de afname van de spanning de rustige werking, de gelijkmatigheid der warmte en de regelbaarheid der warmteafgave beter gewaarborgd is. Voor de buisleidingen is daarentegen een hoogere spanning het beste, daar dit kleinere buizen en minder verliezen geeft. Binnen bewoonde ruimten geeft lage spanning meerdere zekerheid tegen ondichtheid. Voor verwarming op groote afstanden kan de spanning tot 6—8 atmosferen worden opgevoerd.

Voordeelen boven andere verwarmingsinrichtingen:

1. De verlangde warmtegraad wordt sneller bereikt, doordat de temperatuur der verwarmingsoppervlakte zooveel hooger is dan bij warmwaterverwarming.
2. De aanlegkosten zijn gering. (Zie bldz. 1083).

Nadeelen:

1. De plaatselijk zeer hooge temperatuur, veroorzaakt door de verwarmingslichamen, doet tevens de stofdeeltjes verschroeien, hetgeen onaangenaam op de ademhalingsorganen werkt.
2. In het voor- en najaar, wanneer slechts weinig warmte noodig is, moet toch tot 100° worden gestookt om stoom te verkrijgen, waardoor meer brandstof wordt verbruikt dan noodig is.

Laagdrukstoomverwarming.

Deze verwarmingswijze is het meest geschikt voor ononderbroken doorgaand bedrijf. De *bedrijfsdruk* is niet meer dan 0,3 atmosfeer; veelal 0,05 tot 0,15 atm. overdruk. Wordt de maximum druk overschreden, dan ontwijkt de stoom door een open U-vormige standbuis bij den ketel, welke van waterafsluiting is voorzien.

Ketel. De ketels zijn vrijstaande gegoten ijzeren ledenketels tot 30 M^2 verwarmingsoppervlak en grooter; de ketels grooter dan 50 M^2 zijn meest liggende plaatijzeren buizen- of pijpenketels met bemetseling. Men kan rekenen op een ver-

mogen van 10 000—15 000 WE per M² verwarmingsoppervlak per uur. Zij worden zooveel mogelijk centraal in het gebouw in den kelder opgesteld. De gemiddelde waterstand in den ketel moet 2 tot 3 Meter beneden het laagst gelegen verwarmingstoestel liggen. Voor bedrijfszekerheid is het doelmatig het benoodigde verwarmingsoppervlak te verdeelen over 2 à 3 ketels met gemeenschappelijk en gescheiden gebruik. De diepte of hoogte van den kelder moet gewoonlijk minstens 2,40 M bedragen; hoe dieper, hoe beter. De vulling met water geschiedt met een handpomp, hoogreservoir of direct van de waterleiding. De ketelvoeding geschiedt automatisch door het terugvoeren van het condensatiewater. Stoomverliezen worden belet door een waterafsluiting, welke hoogstens 5 Meter hoogte kan bereiken. Het vuur (de trek) wordt geregeld door een vuurdeurklep verbonden met een automatisch werkenden trekregelaar veelal met membraan, dat op een hefboom werkt, waarmede de luchtaanvoerdeur met een ketting is verbonden en welk membraan bij te hoogen stoomdruk wordt opgeduwd. (Zie fig. 2 bij a.)

Prijzen (1914) van de ketels (ledenketels, type Strebel, Ideal e.a., fig. 2):

Verwarmingsoppervlak	3	4	5	6	7 M².
Prijs	300	360	450	500	580 gld.
Verwarmingsoppervlak	8	10	12,5	15	20 M².
Prijs	650	750	950	1100	1250 gld.

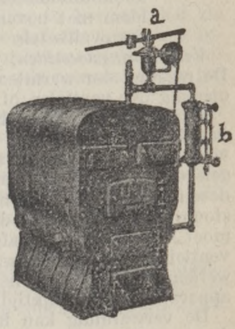


Fig. 2.

Verwarmingstoestellen. De verwarmingstoestellen moeten zoo weinig mogelijk stoomruimte bezitten om met den stoom zelf een goede verdrijving van de lucht in de toestellen te kunnen bewerken. Men heeft gladde smeedijzeren en geribde gegoten ijzeren verwarmingsoppervlakken (buizen, radiatoren, enz.)

De warmteafgave der toestellen is gemakkelijk proefondervindelijk te bepalen door weging van de gevormde hoeveelheid condensatiewater.

Volgens de normen van het Verband Deutscher Zentralheizungs-Industrieller kan als maximum warmteafgevend vermogen worden gesteld voor onbekleede lichamen en 20° C. kamertemperatuur per M² verwarmend oppervlak per uur:

van radiatoren	700 WE
ribbenverwarmers	450 „
gladde buizen	800 „

De warmteafgave wordt geregeld door gedeeltelijke vulling van het verwarmingslichaam door middel van kranen, ventielen of schuiven. Bij kleineren aanleg heeft men centrale regeling door verandering van den stoomdruk. De ontluchting der toestellen moet zelfstandig door den stoom geschieden en zoo volkomen mogelijk zijn, daar vermenging met lucht de warmteafgave vermindert. De stoomspanning zal hiernaar moeten worden geregeld.

Buisleidingen. Deze zijn van getrokken ijzer, zelden van koper. In den regel heeft men afzonderlijke leidingen voor stoom en condensatie. De ventilatie geschiedt door bijzondere luchtventielen, beter centraal door middel van de condenswaterleiding.

Prijzen en afmetingen (1914):

Prijzen en afmetingen van smeedijzeren stomp- en met overlap gewelde (gas) buizen, e. a. zie bldz. 651 e. v.

Ribbenbuizen van gegoten ijzer met flenzen, normale lengte 2 M:

inwendige middellijn	70	100 mM
ribben „	160	210 „
aantal ribben per Meter	34	40 „
gewicht per Meter lengte	20	40 KG
verwarmend oppervlak per Meter lengte .	1,3	2,5 M²
prijs per Meter lengte	1,90	3,40 Gld.

Ribbenbuiskachels met liggende buizen:

prijs zonder afsluiters per M² verwarmend oppervlak	8 à 9 Gld.
idem, met staande buizen „ „ „ „	5 à 7 „

Radiatoren:

prijs per M² verwarmend oppervlak zonder afsluiters 7,5 à 9 Gld.

Afsluiters: doorgang 3/8 tot 1½ Eng. dm.

prijs (1914) 3 „ 8,5 Gld.

Hoogdrukstoomverwarming.

De *bedrijfsdruk* is veelal 1 tot 2 atmosfeer overdruk; bij groote uitgestrektheid meer, tot hoogstens 6 atmosferen.

Ketel. In den regel wordt gebruik gemaakt van een aanwezige ketelinstallatie van een stoommachine. De stoom in de hoofdleiding heeft dan den toegepasten keteldruk, doch vóórdat hij zich in het gebouw verdeelt, wordt de stoomspanning gereduceerd tot den bedrijfsdruk door middel van stoomdrukreduceerventielen. De opstelling der hoogdrukketels is aan de wettelijke bepalingen gebonden.

De warmtecapaciteit van den ketel kan per M² verwarmingsoppervlak per uur worden bepaald als volgt:

kookbuizenketels	5000—6000 WE
idem met bovenketel	8000 „
Cornwallketels	10000—12000 „

Verwarmingstoestellen. Deze zijn gelijk aan die bij de laagdrukstoomverwarming. De regeling der warmteafgave is moeilijk en geschiedt veelal door intermitteerende opening der ventielen of door verdeelen der lichamen in groepen.

Buisleidingen. In de buisleidingen heeft steeds condensatie van den stoom plaats; kan het water niet met nagenoeg gelijke snelheid van den stoom worden medegevoerd, dan ontstaat het slaan en stooten. De stoomleidingen moeten daarom hellend gelegd worden. Voor een geruischlooze werking in de verwarmingslichamen zijn om dezelfde reden afzonderlijke leidingen voor stoom en condensatiewater noodig. De stoomverdeeling geschiedt het best van boven af. Voor elk verwarmingsorgaan, dat moet kunnen worden afgekoppeld, is behalve een afsluiter, noodig een terugslagventiel of een condenswaterafleider. De condenswaterafleider is ingericht voor zelfwerkenden afvoer van het condenswater, waarbij de stoom niet kan uittreden. De apparaten voor gelijktijdige ventilatie zijn meer aan te bevelen.

De verwarming kan in horizontalen zin groote uitgestrektheid verkrijgen, daar de stoomdruk naar evenredigheid slechts behoeft te worden vergroot, zoodat meerdere gebouwen van uit één stookplaats kunnen worden bediend. De warmteafgave gaat snel en is groot; het op temperatuur brengen van de inrichting vordert weinig tijd. Het transport van den stoom door de hoofdleiding gaat evenwel met veel warmteverlies gepaard; bij de laagste buitentemperatuur kan dit ongeveer 4 % van de totale hoeveelheid uitmaken. Het stelsel is voordeelig, waar tevens op ander gebied een nuttig gebruik van den stoom kan worden gemaakt (zooals bij ketelaanleg met machines voor electrisch lichtbedrijf, waschinrichtingen, enz.). Omdat voortdurend toezicht noodig is, blijft de toepassing veelal beperkt tot onderbroken of dagbedrijf.

Verwarming met agewerkten stoom.

De aansluiting dezer verwarmingsinrichting geschiedt aan bedrijfsmachines zonder condensatie. Per PK der machine kan men rekenen op 10 000 tot 5000 WE per uur, afnemend met toename van de grootte der machine. In vele gevallen zal men een inrichting moeten maken om de installatie met verschen stoom te kunnen voeden, wanneer de machine niet gebruikt wordt. De stoom wordt, indien een voorwarmer aanwezig is, aan de machine ontnomen, voordat hij daarin treedt.

Met het oog op de medegevoerde cilinderolie, enz. zijn de buiswijdten grooter te nemen en moet de stoom van te voren worden gereinigd. Een nadeel van deze verwarmingswijze is, dat de stoom-afvoerstooten der machine door de stoomleiding op verren afstand hoorbaar worden overgebracht. Doelmatig is een van warmte-isolatie voorzienen stoomhouder achter de machine in de hoofdleiding te schakelen, om den tegendruk der machine zoo gering mogelijk te maken, de stoomspanning in de verwarmingsleidingen op gelijke hoogte te houden, en het geluid te verminderen.

B. Warmwaterverwarming.

Het in een ketel verwarmde water stijgt door zijn geringer soortelijk gewicht in de buizen op, verdeelt zich in het net en de verwarmingslichamen om na afkoeling door zijn meerdere zwaarte weder naar den ketel terug te vloeien. Een

expansievat, op het hoogste punt der leiding geplaatst, geeft gelegenheid aan het water daarin op te stijgen, als het zich bij verwarming uitzet of ontspant. Hoe grooter de loodrechte afstand tusschen de warmtebron en den warmteafnemer is, hoe grooter het drukverschil der waterzuilen en de beweging van het water in de buisleiding zal zijn. Tengevolge van de groote soortelijke warmte van het water kan door een betrekkelijk geringe waterhoeveelheid een tamelijk groote warmtehoeveelheid door de verwarmers worden afgegeven. De warmtereserve is dan ook zeer groot. Het in werking stellen der verwarming kost eenigen tijd, welke bij laagste buitentemperatuur op ongeveer drie uur is te stellen. Men moet daarom ook zooveel mogelijk streven naar ononderbroken bedrijf. De warmwaterverwarming geeft daarbij de meest volkomen benutting van de brandstof. Het brandstofverbruik blijft ook gering, omdat gedurende het grootste deel van den winter geen hooge temperatuur van het water noodig is. De bediening is tevens eenvoudig en zonder gevaar, terwijl de regeling gemakkelijk te bewerken is. Door de milde warmte en de onschadelijke werking op de zuiverheid van de lucht vindt de warmwaterverwarming dan ook ruime toepassing bij woonhuizen, kantoren, ziekenhuizen en plantenkassen.

Men is evenwel in de uitbreiding der verwarmingsinrichting in horizontalen zin eenigszins gebonden, zoodat groote gebouwen meerdere stookplaatsen moeten bezitten; 150 meter horizontale afstand van den ketel is ongeveer het maximum. Kunstmatig kan de waterbeweging worden bevorderd door middel van pompen, welke het water uit de afvoerbuizen naar den ketel persen.

Nadeelen zijn verdere de hoogere aanlegkosten en de langzame afkoeling der verwarmingslichamen, daar door de groote soortelijke warmte van het water een zekere traagheid in het verwarmen en afkoelen bestaat en dus spoedige verwarming ook niet mogelijk is. Ook is bevriezen van de leidingen te vreezen, wanneer de inrichting buiten gebruik wordt gesteld. Het geheele buizenstelsel moet nl. om roesten, enz. te voorkomen, 's winters en zomers met water gevuld blijven.

Laagdrukwarmwaterverwarming.

Het geheele systeem staat in open verbinding met de buitenlucht, zoodat drukvermeerdering is buitengesloten. De hoogste temperatuur van het water is ongeveer 100°, het best is deze op 50 à 60° C. te houden. Het houden op constante hoogte wordt bewerkt door regulatoren.

De circulatie van het water kan worden versneld door bijmenging van stoom in de stijgbuis en wel ter hoogte van ongeveer 1—3 Meter beneden den waterspiegel van het expansievat (systeem *Reck*). Ook kan een snellere circulatie worden verkregen door stoomvorming in het bovenste gedeelte van de stijgbuis bij gebruik van oververhit water (systeem *Bruckner*). Verder kan de circulatie worden bevorderd door het inblazen van lucht door middel van een laagdrukstoominjector in het bovenste gedeelte van het net.

Ketel. De ketel is bij ononderbroken bedrijf met kleinen waterinhoud en bij onderbroken bedrijf met groote waterruimte, om waterreserve te hebben. Daar de ketel met vuurinrichting wordt berekend voor het ongunstigste geval, is het raadzaam in plaats van één, twee kleinere ketels te kiezen, waarvan de een tweemaal zoo groot is als de andere of anders 3 ketels van gelijke grootte om aan de tusschentoestanden van het bedrijf te kunnen aanpassen.

De opstelling geschiedt in den regel, en zoo diep mogelijk, in den kelder, hoe dieper, hoe goedkooper de aanleg wordt. Somtijds is een verdiepte stookplaats van ½ tot 1 Meter voldoende, doch in de meeste gevallen moet de kelder ± 2 M diep zijn.

De warmtecapaciteit der ketels is 7000 tot 10 000 WE per uur per M² verwarmingsoppervlak. Zij zijn evenals bij de stoomverwarming voorzien van trekregelaar, in dit geval veelal berustend op de uitzetting van een met vloeistof gevulde buis.

De ketels bestaan veelal uit afzonderlijke leden, welke door trekstangen aaneen geschroefd worden. (Strebel-, Lolarketels en andere).

P r ij z e n d e r k e t e l s: Deze waren in 1912:

verwarmingsoppervl.	2	3	4	5	6	7	8	10	12,5	15	20	M²
prijs	180	210	270	300	350	390	430	510	700	850	1020	Gld.

Idem in 1920:

Gegoten W/W Ledenketels:	0,8	2,75	3,41	4,07	4,73	5
	f 298,—	356,—	404,—	452,—	500,—	605,—

Prijs per stuk, excl. emballage	5,75	6	6,42	11,77 M² verw. oppervl.
	f 572,—	576,—	620,—	12,75

Verwarmingstoestellen zijn in uitvoering gelijk aan die bij laagdrukstoomverwarming. Een geringe inhoud vergemakkelijkt de warmteregeling.

Het warmteafgevend vermogen kan volgens de normen van het Verband Deutscher Zentralheizungs-Industrieller als volgt worden aangenomen:

onbekleede lichamen bij 95° C. hoogste watertemperatuur, 20° C. temperatuursverschil in toe- en afvoer en + 20° C. temperatuur der omgeving per M² oppervlak per uur:

maximum bij radiatoren . . . . 450 WE.
„ „ ribbenbuislichamen . . . . . 250 „
„ „ gladde verwarmingsbuizen . . 500 „

In de practijk neemt men veelal een hooger warmteafgevend vermogen der toestellen in de hooger gelegen verdiepingen aan.

De warmte-afgave wordt *centraal* geregeld door verandering van de temperatuur van het warme water en *locaal* door regelingsventielen in de verwarmingslichamen in toevoer- of afvoerleiding. Veelal plaatst men in beide leidingen ventielen. De nieuwste modellen afsluiters zijn dubbel regelbaar d.w.z. zij zijn eens voor altijd zoo te stellen, dat een bepaalde hoeveelheid warm water als maximum wordt toegevoerd in verband met de grootte van het verwarmingstoestel.

Hoewel voor centrale regeling automatische regelaars aanwezig zijn, doet men ter vermijding van onnoodige verliezen goed, binnen- en buitentemperatuur te controleeren en zal de keteltemperatuur in verband met de temperatuur buitenshuis doelmatig op de volgende waarden moeten worden onderhouden:

Keteltemp.	Temp. buitenshuis.	Keteltemp.	Temp. buitenshuis.
45° C	10° C	77° C	—10
55	5	85	—15
65	0	90	—20
70	—5		

Bij regen of sterken wind met ongeveer 5 à 10° te verhoogen.

Buizennet. De aanleg kan op twee wijzen geschieden:

a. De stijgleiding wordt zooveel mogelijk verticaal van het hoogste punt van den ketel naar het hoogste punt van den aanleg gevoerd, waar het expansievat wordt geplaatst (fig. 3). Van hieruit gaat de leiding langzaam en steeds vallend naar de verwarmingslichamen en daarna naar het onderste punt van den ketel. De aansluiting op de lichamen geschiedt van boven, de ventilatie vanzelf bij vulling.

b. De verdeel- en afvoerbuizen liggen gedeeltelijk in den kelder, beide met verhang naar den ketel. De ventilatie geschiedt bij elk verwarmingslichaam of door gezamenlijke verlenging van de toevoerleidingen der verwarmingslichamen over den zolder naar het expansievat (fig. 4).

Het expansievat wordt van een overloop voorzien en door de waterleiding gevuld; de inhoud wordt ongeveer $^1/_{10}$ van den totalen waterinhoud van het net genomen.

De buizen zijn meest van getrokken ijzer. Met het water blijvend gevuld zijn zij het minst aan inwendige roesting onderhevig.

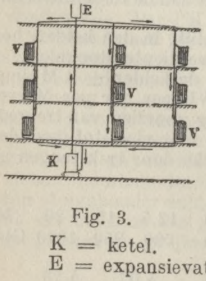


Fig. 3.

K = ketel.
E = expansievat.

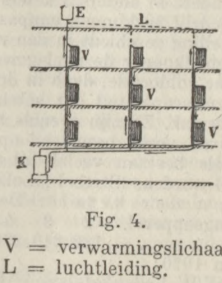


Fig. 4.

V = verwarmingslichaam
L = luchtleiding.

Middeldrukwarmwaterverwarming.

Hierbij heeft men een gesloten systeem met een hoogste temperatuur van het water van ongeveer 120° C., overeenkomende met een overdruk van 1 atm. in het expansie-

vat. Deze aanleg wordt soms wegens de mindere aanlegkosten boven het laagdrukstelsel verkozen, maar daarmede is evenwel bij lage buitentemperatuur het explosiegevaar grooter geworden. De capaciteit van den ketel kan hierbij op ongeveer 8000 WE per M^2 verwarmend oppervlak per uur gesteld worden. Overigens is de inrichting gelijk aan die bij de laagdrukverwarming.

Heetwaterverwarming.

Bij dit verouderde systeem heeft men een gesloten stelsel, bestaande uit een buis zonder einde. De verwarming van het water geschiedt in een spiraalvormig gebogen buisgedeelte, dat door het vuur en de vuurgassen wordt verhit. Volgens het Perkinssysteem hebben de buizen 23 mM inwendige middellijn en bedraagt de lengte van het buizenstelsel niet meer dan 200 M. De hoogste temperatuur van het water in de vuurslangen bedraagt 180° C. en normaal 150° C. overeenkomende met een druk van 4 atm. In de verwarmingsbuizen is zij gemiddeld 95° C. Bij het in bedrijf stellen moet eerst de lucht uit de buizen worden gepompt. *Voordeelen* zijn de snelle montage, geringe aanlegkosten en sterke warmte, waardoor evenwel het nadeel ontstaat van sterke uitstraling. Verder zijn *nadeelen* de moeilijke ventilatie, het grootere gevaar van bevriezen en de grootere bedrijfskosten. Theoretisch is een heetwaterleiding het eenvoudigste, wanneer slechts één ruimte wordt verwarmd, bij meerdere ruimten wordt de berekening omslachtiger.

C. Warme-luchtverwarming.

De lucht wordt hierbij van buiten aangevoerd, indirect door vuur, stoom of warm water verwarmd en in dezen toestand naar de te verwarmen vertrekken gevoerd. Na te zijn gebruikt, kan zij door afvoerkanalen naar buiten worden gezogen (ventilatie-luchtverwarming) of weder naar de warmtebron worden teruggevoerd om opnieuw de circulatie te beginnen (circulatie-luchtverwarming).

Voordeelen boven de andere systemen van verwarming zijn:
1. Regelmatige luchtverwarming,
2. Met de verwarming gepaard gaande ventilatie,
3. Het gemis aan verwarmingslichamen in de vertrekken,
4. De lucht kan in elken vochtigheidsgraad worden toegevoerd,
5. Het goedkoope bedrijf bij circulatieverwarming.

Nadeelen zijn:
1. Voor de beweging van den ventilator voor aanvoer van versche lucht is een of andere motor noodig of de luchtkanalen moeten groote afmetingen verkrijgen.
2. De hoogere temperatuur, welke de lucht bij de intrede van het vertrek bezit.
3. De moeilijke stofverwijdering uit de luchtkanalen.
4. De uitgebreide voorzorgen, welke bij den aanleg in het gebouw zijn te nemen.

Indien het eenigszins mogelijk is, moet liefst geen gebruik gemaakt worden van de in aanleg en bedrijf gecompliceerd zijnde en ook hygiënisch niet aanbevelenswaardige circulatie-luchtverwarmingsmethode.

De verwarming der lucht kan geschieden op verschillende wijzen:

a. Verwarming door middel van direct gestookte kachels (caloriferen), welke een verwarmingsoppervlak bezitten tot 35 M^2 en meestal van gegoten ijzer zijn. Vereischten voor de calorifère zijn: geringe benoodigde ruimte, flink groot verwarmingsoppervlak, weinig horizontale vlakken en goede reiniging.

b. Verwarming door stoom, waarbij de lucht langs door stoom verwarmde oppervlakken strijkt.

c. Verwarming door warm water. Deze methode wordt wegens vorstgevaar zelden toegepast.

De grootte der warmteafgifte bedraagt bij ventilatieluchtverwarming per M^2 per uur:

	glad verwarm. opp.	ribbenoppervlak.
calorifèreverwarming	2000 WE	1200—1500 WE
laagdrukstoom „	900—1000 „	600— 700 „
hoogdrukstoom „	1100—1200 „	700— 800 „
warm water „	750— 870 „	

waarbij de toevoerlucht op —20° C. gesteld wordt.

Bij circulatieluchtverwarming is de warmteafgifte gelijk aan die der verwarmingsoppervlakken voor de vertrekken te stellen.

Verwarming op groote afstanden.

Deze moet vaak worden toegepast bij uit elkaar liggende gebouwen als sanatoria, enz. De verwarming kan geschieden met warm water of stoom.

In het eerste geval moet het warme water met pompen naar de ketels teruggevoerd worden, daar de hoofdleidingen anders te groot moeten worden en de snelheid niet voldoende zou zijn. Het best gebruikt men de vrijkomende warmte van bedrijfsmachines.

Uit het stoomverbruik bij bekend vermogen der machine, kan de in den condensator of in den afgevoerden stoom beschikbare warmtehoeveelheid worden berekend. Daar het warmte-equivalent 425 bedraagt d.w.z. 1 WE = 425 KG/Meter, wordt per IPK der machine per uur theoretisch $\frac{3600 \times 75}{425} = 636$ WE verbruikt. De overige door den stoom in de machine gevoerde warmte blijft dus voor verwarming beschikbaar, afgezien van verschillende verliezen door geleiding en uitstraling. De circulatiepompen zijn veelal centrifugaalpompen. Zij moeten den gezamenlijken weerstand van toe- en afvoerleiding overwinnen. Daar groote druk in de buisleidingen kan plaats vinden, dient men behalve zekerheidsventielen, ook voorzieningen tegen het afsluiten der afvoerleiding te hebben. Bij stoomverwarming heeft men stoom van 7—12 atm. overdruk als beginspanning. Voor bedrijfszekerheid legt men veelal een reservebuisleiding, welke de helft kleiner van vermogen wordt genomen, om in overgangstijden geringere warmteverliezen te hebben.

Keuze van het stelsel van verwarming.

Voordeelen van een centrale verwarming.

De temperatuur is gelijkmatiger, terwijl tocht is uitgesloten. Tocht bij de ramen wordt verminderd door plaatsing van de verwarmingstoestellen onder de ramen, waardoor de binnentredende omlaag zinkende luchtstroomen onmiddellijk worden verwarmd.

Het brandstofverbruik bij een centrale verwarming is veel geringer dan bij elke andere wijze van verwarming. Door een eenvoudige handbeweging zijn de temperaturen te regelen, terwijl de bediening weinig meer is dan bij het gebruik van vulkachels.

Uit de beschouwing der verschillende systemen kan de toepassing daarvan ongeveer als volgt worden afgeleid:

Warmwaterverwarming is aangewezen, waar men overal ongeveer gelijke en gelijkmatige temperatuur noodig heeft, zoodat deze centraal kan worden geregeld.

Laagdrukstoomverwarming zal voornamelijk toegepast worden bij gebouwen met sterk wisselende temperatuursveranderingen, als schouwburgen, hotels, scholen, restaurants, enz. en waarbij een gemeenschappelijke regeling der temperaturen uitgesloten is.

Hoogdrukstoomverwarmingen worden ingericht bij aansluiting op aanwezig zijnden ketelaanleg of bij gescheiden, ver van elkaar gelegen groepen van gebouwen, als sanatoria, groote ziekenhuizen, enz.

Luchtverwarmingen zullen met voordeel worden toegepast bij ruimten, waar zich veel menschen tegelijk ophouden, goede ventilatie noodig is, zooals in schouwburgen, concert- en vergaderzalen.

In ruimten, waar overmatige hoeveelheid lucht aanwezig is en het publiek zich niet al te lang ophoudt, zooals in kerken, kan men elke andere verwarmingswijze toepassen.

Uit bestaande verwarmingen van kerken is door *Rietschel* voor de bepaling van de noodige hoeveelheid warmte, empirisch de volgende formule opgesteld voor den aanleg van een verwarmingsinrichting met goed verdeeld verwarmend oppervlak:

$$W = \frac{F\,k\,(t - t_0)}{2} + F_1 \left(23 + \frac{5\,(t - t_1)}{z}\right)$$

waarin W = de benoodigde warmtehoeveelheid per uur in WE,
F = de oppervlakte der vensters,
$t - t^\circ$ = temperatuursverschil tusschen binnen- en laagste buitentemperatuur.

$F\,k\,(t-t_0)$ = de transmissie door de vensters,
F_1 = het gezamenlijk muur-, vloer- en zolderoppervlak,
$t-t_1$ = het temperatuursverschil tusschen eind- en begintemperatuur van de inwendige ruimte,
z = duur van het aanmaken der verwarming in uren.

Bij luchtverwarmingen en inrichtingen met minder goed verdeelde verwarmers is de benoodigde hoeveelheid grooter.

Gasverwarming is doelmatig, wanneer zelden en spoedig verwarmd moet worden of bij aanvulling van bestaande verwarmingen, die daarmede buiten bedrijf kunnen worden gesteld in gevallen, dat dit economischer is.

Combinatie van warmwater- en laagdrukstoom-verwarming kan worden toegepast, waar de noodige kelderruimte voor de opstelling van den ketel ontbreekt of tevens moet worden verwarmd. Men kan dan beneden warmwaterverwarming door middel van afzonderlijk van den ketel uitgaande leiding toepassen en in de bovengelegen verdiepingen stoomverwarming.

Algemeene aanleg- en bedrijfskosten van centrale verwarmingen.

De *aanlegkosten* hangen behalve van het systeem, veel af van de grootte en de inrichting van het gebouw, terwijl de ligging in open of bebouwd terrein en ten opzichte van de verschillende hemelstreken van grooten invloed is op de af te geven hoeveelheid warmte. Drukt men de kosten uit per 100 M^3 te verwarmen ruimte, dan waren deze vóór den oorlog voor ons klimaat in het algemeen bij:

laagdruk stoomverwarming	40—90	gld.
hoogdruk ,, ...	60—150	,,
verwarming met afgewerkten stoom	50—150	,,
warmwaterverwarming (laagdruk)	120—240	,,
heetwater ,, ...	90—180	,,
gasverwarming	60—120	,,
warme-luchtverwarming	50—90	,,

waarbij alleen gerekend is met den aanleg der verwarmingsinrichtingen, zonder de bouwkosten van kelderruimten, enz.

De jaarlijksche *bedrijfskosten* van een verwarmingsinrichting maakten in het algemeen $^1/_3$ tot $^1/_4$ van de oorspronkelijke aanlegkosten uit.

De warmwaterverwarming is 25% goedkooper in bedrijf dan de stoomverwarming, de aanlegkosten zijn evenwel hooger.

Het ondoelmatige van de stoomverwarming ligt in de groote warmteverspilling in de overgangstijden, daar de aanleg berekend wordt op de ongunstigste buitentemperatuur van —20 tot —25° en de regeling bij den ketel zelf moet plaats hebben, waar het voor dit doel aangebrachte regelventiel niet altijd door naar de temperatuur kan worden gesteld wegens het gemis aan waarnemingen. Te hooge temperaturen worden nl. minder spoedig waargenomen dan te koude. Voert men bij stoomverwarming een zelfwerkende temperatuurregeling in, dan moet zulk een aanleg minstens evengoed werken als een warmwaterverwarming. Dan zullen ongeveer 50% aan bedrijfskosten worden bespaard. Men kan aan de verspilling tegemoetkomen door den bedrijfsdruk zoo gering mogelijk te kiezen.

Waar warme-luchtverwarmingen met circulatie werken of moeten voldoen aan een zekere hoeveelheid benoodigde lucht, zijn zij niet oneconomisch. Waar dit niet het geval is, zijn luchtverwarmingen niet op haar plaats en vorderen zij ongeveer de dubbele brandstofhoeveelheid van gewonen verwarmingsaanleg.

Rioleering.

Litteratuur.

Ir. J. E. de Meijier Jr., De regeling van den afvoer en van de behandeling der rioolstoffen in Engeland. Prijs f 1,45. Æ. E. Kluwer, Deventer.

Idem. Bepaling van den afvoer van regens. De Waterstaatsingenieur, Ned.-Indië, 1916.

Max. Vicari. Die graphische Berechnung städtischer Kanalnetze nach Ingenieur Hauff. Gesundheits-Ingenieur 1909.

M. F. Poggi. Détermination des volumes d'eaux fluviales à un réseau d'égouts. Annales des Ponts et Chaussées. 1914.

A. Frühling. Die Entwässerung der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Wasserbau. W. Engelmann, Leipzig.

J. König. Die Kanalisation der Städte.

" Verunreinigung der Gewässer I en II.

Gürschner und Benzel. Der städtische Tiefbau. 3 deeltjes, 1911—1913. Teubner, Leipzig.

Büsing. Städteverunreinigung. Tiefbau.

Dr. Ing. Heijd. Die Wirtschaftlichkeit bei dem Städte-Entwässerungsverfahren.

A. Reid. Reinigung und Beseitigung der Abwässer.

" " Die Entwässerung der Städte.

H. Metzger. Städte-Entwässerung und Abwässerreinigung. 1907. Heymanns Verlag, Berlijn.

G. Bechmann. Distribution d'eau. Assainissement. Ch. Béranger. Parijs.

Dr. Ed. Imbeaux. L'alimentation en eau et l'assainissement des villes.

Rioleering van steden.

Bepaling van de hoeveelheid regenwater.

Regenval:

Voor de kennis van den regenval en opgave van stortregens zie bldz. 47 e. v.

Uitbreidingsgebied van stortregens:

In Hannover gaven de waarnemingen, dat 70% van de regens boven 40 L per sec. per HA vielen over een gebied van 1200 M middellijn; 15% verbreidde zich over een oppervlak van 1200—2200 M middellijn en 15 % over een gebied tot 6400 M middellijn.

Regenhoeveelheden op 1 HA in sec. Liter:

Regenduur in minuten	Regenhoogte in mM.											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	67	78	89	100	111							
20		58	67	75	83	91	100	108				
25				60	67	73	80	87	93	100	107	
30					56	61	67	72	78	83	89	95

Bij het ontwerpen van stedelijke rioleeringen wordt veelal uitgegaan van de volgende maximum regens (gemiddelde stortregens):

regen van 10 minuten met intensiteit van 160—180 L per sec. per HA
" " 15 " " " " 130—150 " " " " "
" " 20 " " " " 100—120 " " " " "
" " 25 " " " " 90—100 " " " " "
" " 30 " " " " 80—90 " " " " "

Gaat men voor een gebied den afvoer voor elk der bovengenoemde regens na, dan zal men voor een bepaalden regen een maximum afvoer krijgen.

Regenafvoer van gronden.

Globaal kan men rekenen, dat worden afgevoerd van

a. bosschen	2%	van den gevallen regen
b. onbebouwde gronden	10 „	„ „ „ „
c. bebouwing met landhuizen	20 „	„ „ „ „
d. landsteden, fabriekswijken	30 „	„ „ „ „
e. moderne voorsteden en steden	45 „	„ „ „ „
f. vestingsteden, dicht bebouwde kommen, en stadskernen	60 „	„ „ „ „

Bepaling van den regenafvoer:

In het algemeen is de regenafvoercoëfficiënt voor een bepaald punt, waar de afvoer te bepalen is, gelijk aan het produkt van twee andere (reductie) coëfficiënten, nl.

$C = \psi\ \Phi$, waarin

ψ = reductie wegens gedeeltelijken toevoer (na aftrek van verzinking en verdamping).

Φ = „ „ vertraging van den afvoer

De *grootte van den reductiecoëfficiënt* ψ is aan te nemen:

voor daken	0,90
„ bestratingen	0,60—0,80
„ steenslag- of grintverhardingen	0,30—0,40
„ open ruimten	0,05—0,10
„ gewone dichte bebouwing	0,80
„ ruime „	0,60
„ idem met groote tuinen	0,50
„ landhuisbebouwing	0,30—0,40
„ niet bebouwde stadsgedeelten	0,20
„ parken en boschgedeelten	0,10

De grootte van den reductie- of vertragingscoëfficiënt Φ, welke afhankelijk is van den regenduur en de sterkte, wordt het zuiverste bepaald door berekening van den door het regenwater afgelegden weg per tijdseenheid en uit den duur van den aangenomen regen. Daar deze bepaling in vele gevallen omslachtig is, vergenoegt men zich ook wel met het gebruik van een van de vele, uit den aard der zaak onnauwkeurige vertragingsformules, b.v. die van *Bürkli*

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}},$$

waarin F het oppervlak van het regenaanvoerend gebied.

Bepaling van de hoeveelheid huiswater.

(Huishoud- of menagewater, faecaliën en industrie- of afvalwater).

Bevolking per HA. Zie ook blz. 25.

Bebouwing met landhuizen	150
Fabriekswijken	150
Landsteden	200
Moderne stadsuitbreidingen	250
Dichte bebouwing in steden	300—600

Menagewater.

De hoeveelheid menagewater en klein-industriewater kan het best worden bepaald uit het verbruik van de waterleiding. (Zie bij „Drinkwater").

Het huis- en industriewaterverbruik kan worden aangenomen:

voor kleine steden tot 25 000 inwoners op 40—60 Liter per hoofd per dag.
„ steden van gemiddelde grootte tot 50 000 inwoners op 60—80 Liter p. hoofd p. dag.
idem tot 75 000 inwoners op 80 Liter per hoofd per dag.
voor groote steden van 100 000 inwoners op 100 Liter per hoofd per dag.
idem boven 100 000 inwoners op 120 Liter per hoofd per dag.
Enkele groote bedrijven moeten afzonderlijk worden beschouwd.

Steden met veel industrie, zooals Dortmund, verbruiken tot 500 L per hoofd per dag en meer.

Het waterverbruik van verschillende steden in Nederland vindt men opgegeven in het statistiek overzicht der Waterleidingen in Nederland, uitgave der Vereeniging voor waterleidingsbelangen in Nederland.

Het verbruik is des zomers het grootst en wisselt ook met den dag (maximum op Zaterdag) en het uur af. Het sterkst is de afvoer vóór en na 12 uur en het minst na middernacht. In 11 daguren wordt ± 70% van de geheele daghoeveelheid afgevoerd, het maximum uurverbruik is op 6—10% van het dagverbruik te stellen, terwijl het minimum 1—3% van deze hoeveelheid bedraagt. (Zie verder bij „Drinkwater").

Te 's-Gravenhage (1903) was de gevonden hoeveelheid menagewater in de zomermaanden gemiddeld 0,36 L per sec. p. HA
op Zaterdagen 0,56 „ „ „ „

In de late morgenuren stijgt zij tot 0,80 L per sec. per HA. Bij een dichtheid van 300 inwoners per HA wijst dit op een dagverbruik van 144 L per hoofd.

Te Hilversum (1913) was de huiswaterhoeveelheid van een district, bestaande uit arbeiders, kleine ambtenaren, enz. 30—45 L per hoofd per dag. Het maximum kwam voor tusschen twee en vijf uur namiddags en bedroeg voor die periode enkele malen ruim 33% der daghoeveelheid. Het maximum per uur was 11½% en de hoeveelheid tusschen 6 uur v.m. en acht uur n.m. (14 daguren) gemiddeld 82,5% der daghoeveelheid.

Voor een project kan de huishoudwaterhoeveelheid als maximum op 0,25 L per sec. per 100 inwoners gesteld worden.

Faecaliën.

Eén persoon produceert gemiddeld per jaar 48 Liter vaste stof en 438 Liter urine, samen 486 L met 4,12 KG of 0,85% stikstof, d. i. per dag 1,33 L faecaliën.

In Amsterdam gaf het buizennet van het Liernurstelsel (1898) per hoofd per dag 3,30 L met 0,21 % stikstof. Aldaar werd verzameld

bij wisseltonnen per hoofd per dag	0,5 L
„ beerputten zonder overvloeiing per hoofd per dag	1 „
„ de tijdelijke inrichtingen gemidd. „ „ „ „	2,5 „
„ het Liernurstelsel	3,3 „
„ „ „ (arbeiderswoningen)	2,8 „
„ „ „ (burger „)	3,6 „
„ „ „ (heerenhuizen)	4,6 „
„ „ „ (met closets) tot over . . .	13 „

Minimum en maximum hellingen van riolen.

Stelt men volgens *Fr. Schmidt* (Gesundheits-Ingenieur 32e jaarg. nr. 21), dat minstens een snelheid van 0,80 M per sec. voor opruiming der bezonken stoffen noodig is en dat de berekende af te voeren regenwaterhoeveelheid, welke het kanaalprofiel geheel vult, het 100-voudige is van den normalen afvoer bij droog weer (dus der huiswaterhoeveelheid), en dat een snelheid van 3 M per secunde als maximum mag worden toegelaten, dan zijn de grenzen, waartusschen de hellingen der riolen zich moeten bewegen, voor de verschillende profielen, als volgt:

PROFIEL	Minimum helling V_{min} = 0,80 M/sec.	Maximum helling V_{max} = rd. 3,00 M/sec.
Ronde riolen		
25 cM middellijn	1 : 200	1 : 15
30 „ „	1 : 250	1 : 20
35 „ „	1 : 350	1 : 25
40 „ „	1 : 400	1 : 30
45 „ „	1 : 500	(1 : 30)
50 „ „	1 : 600	1 : 50
60 „ „	1 : 750	(1 : 50)
70 „ „	1 : 900	1 : 85
80 „ „	1 : 1 100	(1 : 85)
90 „ „	1 : 1 300	(1 : 85)
100 „ „	1 : 1 500	1 : 100

PROFIEL	Minimum helling $V_{min} = 0{,}80$ M/sec.	Maximum helling $V_{max} =$ rd. 3,00 M/sec.
Eiriolen:		
20/30 cM middellijn	1 : 200	1 : 12
25/37^5 „ „	1 : 250	1 : 20
30/45 „ „	1 : 350	
35/52^5 „ „	1 : 400	1 : 35
40/60 „ „	1 : 500	
50/75 „ „	1 : 700	1 : 50
60/90 „ „	1 : 900	1 : 75
70/105 „ „	1 : 1 100	
80/120 „ „	1 : 1 400	1 : 100
90/135 „ „	1 : 1 600	
100/150 „ „	1 : 1 900	1 : 130
60/110 „ „	1 : 1 000	1 : 70
70/125 „ „	1 : 1 250	1 : 90
80/140 „ „	1 : 1 500	1 : 110
90/160 „ „	1 : 1 800	1 : 130
100/175 „ „	1 : 2 000	1 : 150

Berekening der rioolprofielen.

De berekening der rioolprofielen kan geschieden volgens de algemeene formule

$$V = C\sqrt{RJ}$$

waarin V = gemiddelde snelheid in het riool in M,
R = gemiddelde straal van het riool,
J = verhang van het riool,

en C volgens *Kutter* $= \dfrac{100\sqrt{RJ}}{b + \sqrt{R}}$ aan te nemen is, waarin de ruwheidscoëfficiënt b = 0,35 voor beton of steen te stellen is. (Zie ook Hydromechanica bldz. 373).

De hoeveelheid vloeistof is dan

$Q = VF$ waarin F de doorsnede van de vloeistof.

Uit de formule volgt, dat bij gelijke waterdoorsnede, dus bij gelijke waterdiepte, tusschen V en Q bij een verhang J = 1 : 100 en V_x en Q_x bij een verhang J_x de verhoudingen bestaan

$$V_x = V\sqrt{100\,J_x}$$

$$Q_x = Q\sqrt{100\,J_x}$$

Zijn V en Q bij het verhang J = 1 : 100 bekend (zie onderstaande tabellen), dan kan men V_x en Q_x gemakkelijk berekenen.

Snelheden v en hoeveelheden Q bij verschillende waterdiepten h voor verschillende rioolprofielen bij een verhang J = 1 : 100.

A. Cirkelprofielen.

10 cM			12½ cM			15 cM			20 cM			25 cM			30 cM		
h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.
0,01	0,13	0,04	0,01	0,15	0,08	0,01	0,16	0,08	0,02	0,27	0,45	0,02	0,27	0,55	0,02	0,29	0,65
0,02	0,23	0,23	0,02	0,26	0,37	0,02	0,27	0,38	0,04	0,48	2,13	0,04	0,48	2,74	0,04	0,49	3,19
0,03	0,33	0,57	0,03	0,36	0,88	0,03	0,36	0,90	0,06	0,64	5,04	0,06	0,66	6,20	0,06	0,67	6,73
0,04	0,41	1,19	0,04	0,44	1,54	0,04	0,44	1,76	0,08	0,77	9,03	0,08	0,80	10,78	0,08	0,81	13
0,05	0,47	1,85	0,05	0,52	2,37	0,05	0,53	2,65	0,10	0,87	13,6	0,10	0,92	16,10	0,10	0,96	19
0,10	0,47	3,70	0,10	0,70	7,36	0,07^5	0,69	6,04	0,15	1,00	25,6	0,15	1,13	34,80	0,15	1,20	43
			0,12^5	0,59	7,28	0,15	0,69	12,08	0,20	0,87	27,1	0,25	1,04	51,10	0,30	1,20	86

35 cM			40 cM			45 cM			50 cM		
h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec l.	h M	v M	Q sec-l
0,02^5	0,33	1,19	0,02^5	0,33	1,29	0,05	0,59	5,9	0,05	0,60	6
0,05	0,58	5,70	0,05	0,58	5,85	0,10	1,01	27,9	0,10	1,01	28
0,10	0,96	22,3	0,10	0,98	24	0,15	1,32	64,7	0,15	1,33	66
0,15	1,24	49,4	0,15	1,25	52	0,20	1,58	111,4	0,20	1,59	117
0,20	1,44	81,8	0,20	1,50	94	0,25	1,72	156	0,25	1,77	174
0,25	1,55	113,8	0,25	1,66	139	0,30	1,84	207	0,30	1,91	235
0,30	1,57	136,5	0,30	1,72	175	0,35	1,89	250	0,35	2,01	295
0,35	1,36	130,4	0,35	1,71	200	0,40	1,89	280	0,40	2,06	346
			0,40	1,50	188	0,45	1,64	260,8	0,45	2,01	374
									0,50	1,77	347

60 cM			70 cM		
h M	v M	Q sec-l.	h M	v M	Q sec-l.
0,05	0,62	7	0,05	0,62	7
0,10	1,00	33	0,10	1,00	33,
0,15	1,32	73	0,15	1,40	86,
0,20	1,63	135	0,20	1,66	151,
0,25	1,83	204	0,30	2,11	333,
0,30	2,03	287	0,40	2.41	549
0,35	2,25	450	0,50	2,58	759
0,40	2,35	593	0,60	2,62	922
0,57^5	2,20	614	0,65	2,55	950
0,60	2,03	574	0,70	2,28	876

80 cM			90 cM			100 cM			120 cM		
0,05	0,62	7	0,05	0,64	9	0,05	0,65	10	0,05	0,66	10
0,10	1,02	35	0,10	1,03	40	0,10	1,05	43	0,10	1,05	47
0,15	1,40	88	0,15	1,40	95	0,15	1,40	104	0,15	1,40	114
0,20	1,68	162	0,20	1,70	181	0,20	1,73	197	0,20	1,75	215
0,30	2,12	351	0,30	2,16	400	0,25	1,99	303	0,30	2,25	500
0,40	2,51	631	0,40	2,60	708	0,30	2,21	438	0,40	2,72	900
0,50	2,76	927	0,50	2,85	1040	0,35	2,43	593	0,50	3,05	1355
0,60	2,86	1165	0,60	3,01	1390	0,40	2,64	776	0,60	3,35	1885
0,70	2,85	1335	0,70	3,15	1700	0,50	2,93	1150	0,70	3,57	2450
0,77^5	2,70	1346	0,80	3,30	2320	0,60	3,16	1555	0,80	3,72	2985
0,80	2,51	1263	0,85	2,80	2200	0,70	3,31	1943	0,90	3,82	3475
			0,90	2,73	1740	0,80	3,38	2268	1,00	3,85	3850
						0,95	3,33	2484	1,10	3,75	4075
						1,00	2,93	2300	1,20	3,34	3800

150 cM			200 cM		
0,05	0,68	10	0,10	1,23	112
0,10	1,05	65	0,20	1,80	297
0,15	1,40	124	0,30	2,37	702
0,20	1,75	235	0,40	2,88	1310
0,30	2,26	550	0,50	3,28	2007
0,40	2,75	1060	0,60	3,65	2891
0,50	3,18	1640	0,70	3,95	3855
0,60	3,45	2310	0,80	4,27	5440
070	3,78	3060	1,00	4,73	7486
0,80	4,00	3840	1,20	5,07	9978
0,90	4,18	4630	1,40	5,30	12444
1,00	4,34	5440	1,60	5,33	14295
1,10	4,40	6120	1,80	5.31	15803
1,20	4,45	6745	1,90	5,16	15872
1,30	4,40	7200	2,00	4,73	14972
1,40	4,30	7390			
1,50	3,89	6885			

B. Eiprofielen.

30/45 cM			40/60 cM			50/75 cM		
0,02	0,27	0,38	0,02	0,28	0,4	0,025	0,33	0,8
0,04	0,37	0,93	0,04	0,45	1,8	0,05	0,57	4
0,05	0,53	2,7	0,05	0,55	3,3	0,10	0,91	17
0,06	0,60	4,2	0,08	0,75	9	0,15	1,15	25
0,08	0,71	7,0	0,10	0,87	15	0,20	1,39	72
0,10	0,81	11,3	0,15	1,08	32	0,25	1,55	112
0,15	1,02	26	0,20	1,30	61	0,30	1,70	161
0,20	1,19	46	0,30	1,59	129	0,40	1,95	273
0,30	1,42	97	0,40	1,78	215	0,50	2,12	401
0,40	1,51	144	0,50	1,89	301	0,60	2,20	523
0,43	1,47	149	0,58	1,82	331	0,70	2,17	601
0,45	1,34	138	0,60	,168	309	0,72^5	2,16	615
						0,75	1,97	565

60/90 cM			70/105 cM		
0,05	0,58	4,95	0,05	0,59	5
0,10	1,04	24	0,10	0,97	22
0,15	1,20	44	0,15	1,23	50
0,20	1,51	92	0,20	1,48	93
0,25	1,62	129	0,25	1,66	144
0,30	1,72	170	0,30	1,83	207
0,40	2,04	318	0,40	2,13	366
0,50	2,24	475	0,50	2,35	550
0,60	2,31	628	0,60	2,53	759
0,70	2,43	803	0,70	2,68	993
0,80	2,52	961	0,80	2,80	1235
0,84	2,50	996	1,00	2,75	1518
0,90	2,26	934	1,05	2,52	1418

80/120 cM			90/135 cM			100/150 cM			120/180 cM		
h M	V M	Q sec-l.	h M	V M	Q sec-l	h M	V M	Q sec-l	h M	V M	Q sec-l
0,05	0,59	5	0,05	0,59	5	0,05	0,60	6	0,05	0,60	7
0,10	0,98	25	0,10	0,99	26	0,10	1,00	28	0,10	0,90	28
0,15	1,26	55	0,15	1,29	60	0,15	1,30	65	0,15	1,35	74
0,20	1,51	100	0,20	1,54	108	0,20	1,58	117	0,20	1,61	134
0,25	1,70	156	0,25	1,72	167	0,25	1,78	185	0,25	1,83	210
0,30	1,87	223	0,30	1,91	243	0,30	1,98	269	0,30	2,03	303
0,35	2,04	306	0,35	2,08	331	0,35	2,14	366	0,35	2,20	411
0,40	2,17	395	0,40	2,19	423	0,40	2,30	478	0,40	2,37	537
0,45	2,30	497	0,45	2,35	538	0,45	2,45	608	0,50	2,65	831
0,50	2,43	610	0,50	2,47	659	0,50	2,59	749	0,60	2,90	1186
0,60	2,65	689	0,60	2,64	919	0,60	2,82	1066	0,70	3,15	1612
0,70	2,81	1135	0,70	2,92	1267	0,70	2,92	1372	0,80	3,35	2077
0,80	2,95	1431	0,80	3,08	1609	0,80	3,21	1801	0,90	3,50	2566
1,00	3,06	1952	0,90	3,21	1965	1,00	3,48	2631	1,00	3,65	3101
1,16	2,99	2168	1,00	3,32	2314	1,20	3,63	3449	1,20	3,90	4245
1,20	2,78	2043	1,20	3,39	2902	1,40	3,60	3989	1,30	4,05	4892
			1,30	3,27	2986	1,45	3,58	4056	1,40	4,09	5415
			1,35	3,02	2809	1,50	3,25	3831	1,50	4,15	5947
									1,65	4,10	6446
									1,80	3,70	6119

Tabellen voor J, $\sqrt{100 \text{ J}}$ *en* 1 : $\sqrt{100 \text{ J}}$.

J = 1 :	2 000	1500	1000	900	800	750	700	600	500
	0,000 5	0,000 67	0,001	0,001 2	0,0012 5	0,001 33	0,001 43	0,001 67	0,002
$\sqrt{100 \text{ J}}$	0,22	0,26	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,45
1 : $\sqrt{100 \text{ J}}$	4,5	3,9	3,20	3,00	2,80	2,74	2,65	2,45	2,24
J = 1 :	450	400	350	300	275	250	225	200	175
	0,002 22	0,002 5	0,002 86	0,003 33	0,003 64	0,004	0,0044 4	0,005	0,00571
$\sqrt{100 \text{ J}}$	0,47	0,50	0,54	0,58	0,60	0,63	0,66	0,71	0,76
1 : $\sqrt{100 \text{ J}}$	2,12	2,00	1,87	1,73	1,66	1,58	1,49	1,42	1,32
J = 1 :	150	125	80	75	50	40	25	20	15
	0,00667	0,008	0,0125	0,0133	0,02	0,025	0,04	0,05	0,0667
$\sqrt{100 \text{ J}}$	0,82	0,89	1,12	1,15	1,42	1,58	2,00	2,24	2,58
1 : $\sqrt{100 \text{ J}}$	1,23	1,12	0,89	0,87	0,71	0,63	0,5	0,45	0,39

J = 1 :	12½	10
	0,08	0,10
$\sqrt{100 \text{ J}}$	2,83	3,16
1 : $\sqrt{100 \text{ J}}$	0,35	0,32

Tabel voor C bij verschillenden gemiddelden straal R van andere profielen:

R =	0,01	0,02	0,025	0,036	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,75	1,00
C =	22	28	30	35	39	44	47	52	56	59	61	64	67	71	47

Afmetingen en prijzen van riolen.

Aarden mofbuizen lang 0,75 en 1 Meter (geheel verglaasd). Zie ook bldz. 1092).

Inwendige wijdte in cM	12½	15	20	25	30	35	40	45
Wanddikte in mM .	14—18	15—19	18—20	20—22	23—25	25—28	28—30	32—34
Gewicht in KG per buis lang 1 Meter .	20—22	24—26	34—36	48—50	63—66	80—84	100—104	130—135
Prijs p. buis in Gld. vóór den oorlog .	0,60	0,70	1,10	1,50	1,95	2,45	3,10	4,20
heden	1,80	2 ,10	3,10	4,50	5,50	7,—	10,50	15,—

Spruitstukken lang 60 cM met enkele spruit kosten in het algemeen 1½ maal zooveel als rechte buizen; bochtstukken 1—1¼ maal zooveel; dubbele spruitstukken 2 maal zooveel.

In de inwendige wijdte kunnen spelingen van ongeveer 3% voorkomen.

De Duitsche buizen hebben grootere wanddikte en diepere moffen dan de Hollandsche en zijn van beter materiaal.

Betonrioolbuizen uit één stuk.

De gemiddelde prijs was vóór den oorlog 0,8 à 1 cent per KG beton; heden ongeveer 2,5 à 3 cent.

Ronde buizen (1 Meter werkende lengte).

Inwendige wijdte cM	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100
Wanddikte top cM	5	6	6^5	6^5-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	13-14	15-16
,, bodem ,,	5	6	6^5	6^5-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	13-14	15-16
,, geboorte ,,	3,2-4	3,8-4^5	4,3-5	4,8-6	5,2-7	5,6-7^5	5,9-8^5	6,5-9^5	10-10^5	11-12	12
Breedte voet ,,	15-17	18-20	21-23	24-26	27-30	30-33	34-37	38-42	50-54	56-60	70-75
Doorsnede der wanden gemiddeld M² . .	0,025	0,039	0,052	0,068	0,10	0,12	0,15	0,19	0,28	0,39	0,45
Gewicht per buis KG	65	85	115	155	190	240	280	360	600	710	900
Prijs per buis Gld. vóór den oorlog	0,75	0,90	1,20	1,3	1,50	1,90	2,30	2,80	4,60	5,40	7,00
idem Mei 1920 . . .	2,00	2,60	3,25	4,35	4,80	5,50	6,50				

Eivormige buizen. (Fig. 1.)

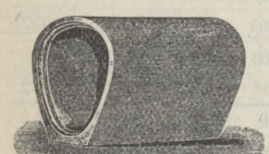


Fig. 1.

De algemeen gebruikelijke eivorm is die, waarbij de straal der kapwelving gelijk is aan r.
de wijdte bij de geboorte inwendig 2r.
de kromming der zijwanden 3r.
de straal der bodemronding ½r.

Stelt men de inwendige hoogte H = 3r, dan wordt de geheele inwendige inhoud 0,51 H², de geheele inwendige omtrek 2,64 H, de inwendige inhoud tot de geboorte 0,336 H², de omtrek tot de geboorte 1,596 H, de gemiddelde straal van het geheele gevulde profiel R = 0,193 H en de gemiddelde straal van het profiel tot de geboorte van de kap gevuld R = 0,21 H.

De gebruikelijke afmetingen vindt men in onderstaanden staat:

Inwendige wijdte cM	30/45	40/60	50/75	60/90	70/105	80/120	90/135	100/150	120/180
Wanddikte top ,, ...	7^5-8	8^5-9	10-11	11-12	15-16	15^5-17	18-19	19^5-21	22-23
, bodem ,, ...	7-7^5	8-8^5	8^5-9	10-11	12-14	14-16	15-16	15^5-17	21-22
, geboorte ,, ...	4,5-7	6-8	7-9	9-10	9^5-11	10^5-13	12-14	12-17	15-19
Breedte voet ,, ...	20-23	25-28	28-33	35-40	45-50	55-60	60-65	65-70	75-80
Doorsnede der wanden gemiddeld M²	0,08	0,14	0,20	0,29	0,39	0,50	0,60	0,96	
Gewicht per buis KG . . .	180	290	435	635	850	1 100	1 300	1 650	2 100
Prijs per buis gld. vóór den oorlog	1,70	2,60	4,00	5,10	6,50	8,00	11,00	13,00	16,50
Idem Mei 1920	4,90	7,50	13,50	17,50	21,50				

Draagvermogen der rioolbuizen.

Beproeving. De betonbuizen worden het doelmatigst beproefd door middel van een uitwendige belasting op de kruin door middel van een houten rib van 10 cM breedte overgebracht. De bodem van het riool komt dan te rusten met de uiteinden op twee even breede ribben.

De belasting wordt gelijkmatig op de houten rib overgebracht en moet minstens een kwartier blijven rusten. Zij wordt in het algemeen bepaald: voor eivormige profielen van 30/45 tot en met 40/60 cM op 70 KG per cM inwendige wijdte.

voor eivormige profielen van 50/75 en 60/90 cM op 60 KG per cM inwendige wijdte en voor de overige groote buizen op 50 KG per cM inwendige wijdte.

De Deutsche Betonverein heeft het minimum draagvermogen van cementbeton buizen volgens voorschrift van 14 Mei 1910 als volgt bepaald. De cijfers zijn afgeleid uit opgaven van verschillende firma's.

Cirkelvormige buizen		Eivormige buizen	
Middellijn mM	Breuklast in KG voor 1 M′	Profiel mM	Breuklast in KG voor 1 M′
200	2000	200/300	3 000
250	2200	250/375	3 000
300	2500	300/450	3 000
350	2800	350/525	3 200
400	2900	500/600	3 400
450	3000	500/750	3 400
500	3000	600/900	3 800
600	3000	700/1050	3 800
700	3000	800/1200	4 200
800	3000	900/1350	4 400
1000	3000	1000/1500	4 400

Men ziet hieruit, dat het beter is geen ronde buizen boven de 600 mM wijdte te bezigen en liever eivormige profielen toe te passen.

Droge buizen hebben grooter weerstandsvermogen dan vochtige buizen. De met luchtdruk gestampte buizen zijn over het algemeen sterker dan de met de hand gestampte.

In het algemeen bezige men geen buizen, die jonger zijn dan 10 weken. Boven dezen leeftijd is geen groot verschil in vastheid tusschen verschillende leeftijden waar te nemen.

Bij bestedingen is het niet noodig een zekere mengingsverhouding op te geven en eische men liever bepaalde belastingen, welke de buizen moeten kunnen dragen.

In het algemeen is de minimum mengingsverhouding:
voor grintzandbeton 1 PC: 7 grintzand;
,, basaltslagbeton 1 PC: 2½—3 zand: 3½—4 basaltslag (van 10—20 mM).

Rioleering van gebouwen.

Grondleidingen.

Bij de rioleering van gebouwen neme men de wijdte der grondleidingen niet kleiner dan 10 cM en liefst niet grooter dan 12,5 cM, tenzij de af te voeren hoeveelheid regenwater een grooter profiel noodig maakt.

Voor de bepaling van deze hoeveelheid kan men uitgaan van een regenafvoer van 1,5 Liter per sec. per 100 M² dakvlak als maximum, terwijl de regenwaterafvoer van open plaatsen, tuinen, enz. afwisselt van 10 tot 80 Liter per HA per seconde naar gelang van den aard en de ligging. De grondleidingen worden gelegd, indien het mogelijk is, onder een helling van 1 op 50 en in geen geval flauwer dan 1 op 200.

De hoeveelheden vloeistof, welke bij verschillende hellingen zonder overdruk kunnen worden afgevoerd, zijn in den volgenden staat gegeven:

Middellijn buis	Afvoer per seconde in Liters in een helling van:				
cM	1/25	1/50	1/100	1/150	1/200
10	7,7	5,5	3,9	3,2	27
12½	14,5	10,3	7,3	5,9	5,1
15	24,4	17,3	12,2	10,—	8,6
20	54,8	38,7	27,4	22,4	19,4

De grondleidingen worden buitenshuis veelal uit aarden buizen samengesteld; binnenshuis zijn ijzeren buizen te verkiezen. De verschillende takken worden zooveel mogelijk met flauwe bochten en hoeken vereenigd of in gemetselde putjes, waar zij in den bodem worden uitgehold.

In- en uitwendig verglaasde aarden buizen voor grondleidingen.

Duitsche „Steinzeug" buizen van de Rheinische Steinzeugwerke te Keulen. De rechte buizen hebben 1 M werkende lengte. De kwaliteit is zeer goed. De wanddikte is grooter dan die der Hollandsche of Belgische en de buizen zijn zuiverder van afmeting.

Buiswijdte in cM	Prijzen der rechte buizen franco spoor bij 1 wagon afname	Prijzen der hulpstukken uitgedrukt in die der rechte buizen			Gewicht van de rechte buis per M in KG
		enkel spruitstuk	dubbel spruitstuk	bochten	
10	f 0,49	1⅓×	2×	1 ×	16
12⁵	- 0,58	„	„	„	20
15	- 0,73	„	„	„	24
20	- 1,07	„	„	„	34

Hollandsche buizen: De rechte buizen hebben veelal een lengte van 66—75 cM, in den laatsten tijd ook wel 1,00 M.

Gebr. Teeuwen te Tegelen maakt ze in 4 kwaliteiten, Ie, IIe, en IIIe kw. bruin en Ie kw. miskleurig.

Voor afmetingen en prijzen volgens deze fabriek zie tabel op pag. 1093 (fig. 2).

Belgische buizen: 1e soort. Prijzen (1920) berekend tegen 100 frs = f 20,—, bij afname van 1 wagon of 10 000 KG.

inw. wijdte	8	cM	f 1,40
„ „	10	„	- 1,55
„ „	12½	„	- 1,70
„ „	15	„	- 1,95

IJzeren buizen voor grondleiding. Gegoten ijzeren geasphalteerde sokbuizen en hulpstukken voor grondleiding inwendig wijd 12,5 cM (fig. 3 pag. 1095):

No. 1 sokbuis lang 0,50 M. . . . . f 3,—
„ 2 „ „ 1,— „ . . . . - 5,—
„ 3 „ „ 2,— „ . . . . - 7,—
„ 4 „ „ 3,— „ . . . . - 9,—
„ 5 „ „ 4,— „ . . . . - 12.
„ 6 schuin T-stuk . . . . - 6,25
„ 7 recht „ . . . . - 6,—
„ 8 ontstoppingsstuk met 1 sok . . . . - 6,50
„ 9 „ „ 2 sokken . . . . - 7,—
„ 10 knevel voor ontstoppingsstuk . . . . - 0,70
„ 11 knevel voor bocht . . . . - 0,45
„ 12 stortpijp met flens, lang 60 cM . . . . - 6,—
„ 13 „ „ „ „ 100 „ . . . . - 8,50
„ 14 kruisstuk . . . . - 8,50

Wijdte binnenwerks in centimeters .	7½	10	12½	15	17½	20	22½	25	30	35	38	40	45	50
Gewicht de rechte buizen in kilos p. m. bouwl.	10	16	21	26	31	36	44	49	66	84	94	100	135	146
1 Rechte Grèsbuizen I kwaliteit bruin per meter bouwlengte *f*	1,10	1,50	1,80	2,10	2,60	3,10	3,50	4,50	5,50	7,—	9,—	10,50	15,—	17,—

Per stuk in I kwaliteit	worden berekend voor:
2 en 3 Bochten naar gewenschten radius	1 M buis, 25 cM en wijder voor 1½ M buis
4 en 5 Kniestukken idem	
6 en 7 Enkele verbindingsstukken .	1½ M buis, m. aanz. v. 22½ t. 30 cM v. 2 M buis, 35 t. 45 cM v. 3 M buis
8, 9 en 10 Dubbele idem . .	2 ,, , m. ,, 22½ t. 30 ,, 3 ,, , 34 t. 45 ,, 4 ,,
11 en 12 Dubbele bochten	2 ,, , 25 cM en wijder voor 3 ,,
13 en 14 Syphons	3 ,, , 25 ,, ,, ,, 4 ,,
15 en 16 ,, met reinigingsschacht	4 ,, , 25 ,, ,, ,, 5 ,,
17 Kegelvormbuis (verloopstuk) . .	1½ ,, , 25 ,, ,, ,, 2 ,,

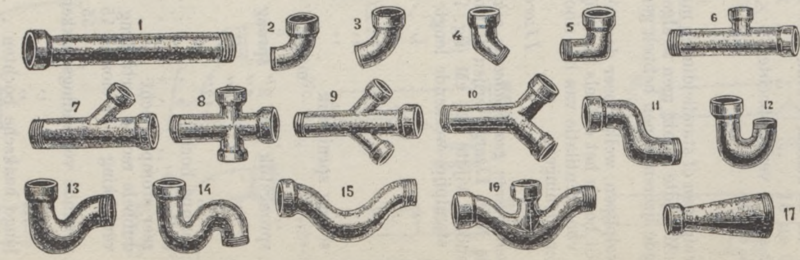


Fig. 2.

No. 15 sprongstuk met 25 cM sprong . . . . f 4,50
,, 16 ,, ,, 50 ,, ,, ... - 5,—
,, 17 T-stuk met gebogen spruit . . . . - 5,50
,, 18 bocht van 45° . . . . - 3,—
,, 19 ,, ,, 90° met sokken en ontstoppingsflens . . . . - 5,—
,, 20 idem met 1 sok . . . . - 4,50

No. 21	bocht met 2 sokken	f 4,50
,, 22	,, ,, 1 sok	- 4,—
,, 23	,, van 30°	- 3,—
,, 24	lange bocht van 60°	- 4,50
,, 25	bocht van 90° met sok voor standleiding	- 3,—
,, 26	overschuiver, recht	- 3,—
,, 27	,, met stuitrand	- 3,—
,, 28 en 29	schuin T-stuk met 2½ en 3″ spruit	- 3,50
,, 30 en 31	,, ,, ,, 2½ en 3″ gebogen spruit	- 3,75
,, 32 en 33	verloopbochten 5 × 2½″ en 5 × 3″	- 2,25
,, 34 en 35	,, 5 × 2½″ en 5 × 3″ lang	- 3,50

Standleidingen.

De valpijpen of standleidingen maakt men eveneens niet wijder dan 12½ cM. Bij meer dan 5 cM wijdte maakt men ze algemeen van ijzer, somtijds nog van lood. De hiervoor gebezigde ijzeren pijpen hebben geringere wanddikte dan de grondleidingpijpen (4—6 mM).

De valpijpen, welke meer dan één ontvangtoestel boven elkaar vereenigen, moeten liefst tot boven het dak als luchtpijp worden verlengd. Deze luchtpijpen dienen veelal tevens voor ventilatie van het riool. De inrichting regelt zich verder naar de plaatselijke verordeningen.

IJzeren buizen voor standleiding

Gegoten ijzeren geasphalteerde sokpijpen en hulpstukken voor standleiding, (zooals door de N.V. IJzergieterijen & Emailleerfabrieken „De Etna" te Breda geleverd):
Inwendige wijdte 12½ cM (fig. 4, pag 1096.)

		Prijzen (1912)
No. 1	standpijp, werkende lengte 1,75 M	f 4,50
,, 2	,, ,, ,, 1,45 M	- 4,—
,, 3	,, ,, ,, 1,30 ,,	- 3,60
,, 4	,, ,, ,, 1,00 ,,	- 2,80
,, 5	,, ,, ,, 0,90 ,,	- 2,50
,, 6	,, ,, ,, 0,50 ,,	- 1,50
,, 7	schuin spruitstuk	- 3,—
,, 8	,, ,, met 2½″ spruit	- 2,50
,, 9	,, ,, ,, 3″ ,,	- 2,50
,, 10	sprongstuk met 3″ sprong	- 1,75
,, 11	,, ,, 6″ ,,	- 2,—
,, 12	,, ,, 9″ ,,	- 2,25
,, 13	,, ,, 12″ ,,	- 2,50
,, 14	stompe bocht	- 2,—
,, 15	haaksche ,,	- 2,—
,, 16	zeer stompe bocht	- 2,—
,, 17	dubbele rechte vertakking	- 5,50
,, 18	vertakking voor closets 45 cM sprong	- 4,—
,, 19	,, ,, ,, 55 cM ,,	- 4,75
,, 20	vertinde verbindingsstukken van ijzer en lood, 5″	- 1,—
,, 21	,, ,, ,, ,, ,, ,, 3″	- 0,50
,, 22	,, ,, ,, ,, ,, ,, 2½″	- 0,40
,, 23	lange haaksche bochten	f 2,75
,, 24	enkele rechte vertakking	- 3,50
,, 25	recht T-stuk	- 2,50
,, 26	kruisstuk	- 3,50
,, 27	groote syphon 5 cM waterafsluiting	- 5,50
,, 28	kleine ,,	- 5,—
,, 29	syphon voor beperkte ruimte	- 4,50
,, 30	knevel voor syphon	- 0,45
,, 31	geëmailleerde trechter 46 cM hoog	- 3,50
,, 32	,, ,, 40 ,, ,,	- 3,—

De huidige prijzen voor de rechte buizen ongeveer 25% hooger.

Gegoten ijzeren, geasphalteerde valpijpen wijd 2½ en 3″ voor gootsteenleidingen (fig. 5).
Prijzen 1912; de huidige prijzen zijn 10—15% hooger.

		2½″	3″
No. 1	Pijpen met of zonder ooren 1,80 M	f 2,00	f 2,40
,, 2	idem 1,20	- 1,60	- 1,80

GEGOTEN GEASPALTEERDE BUIZEN

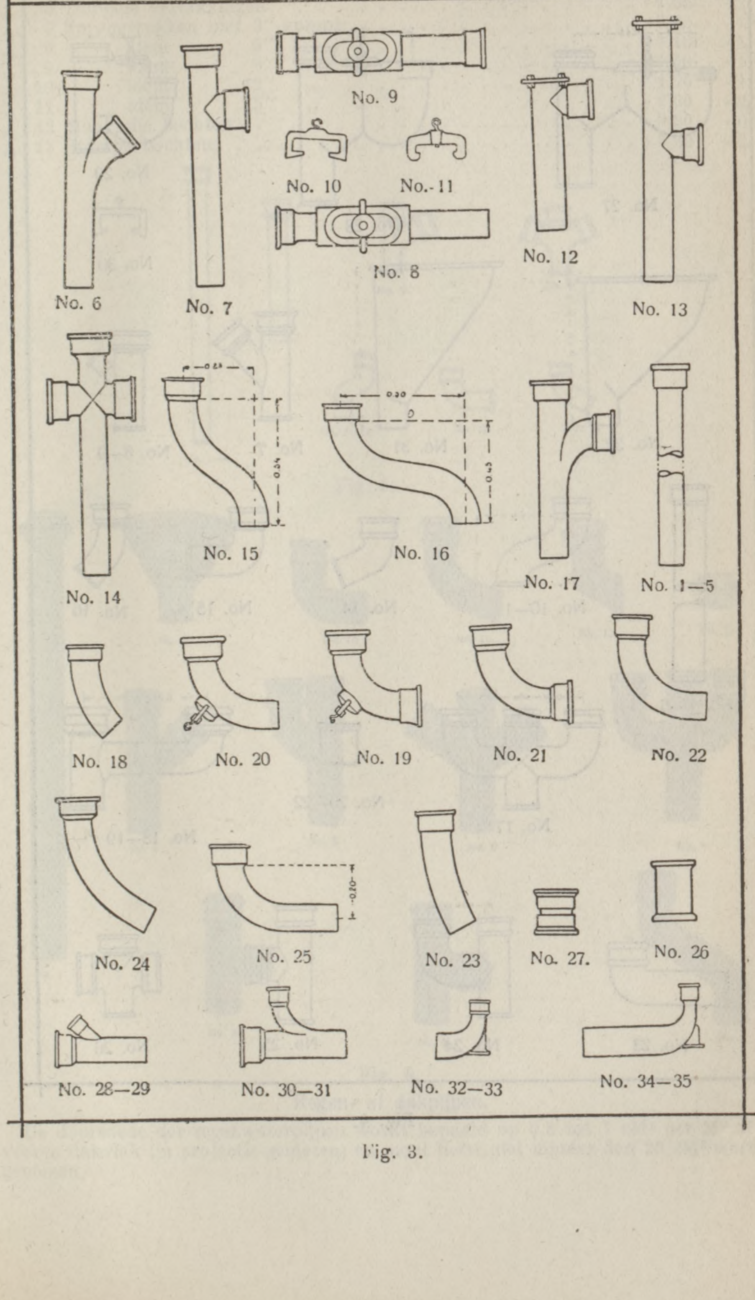


Fig. 3.

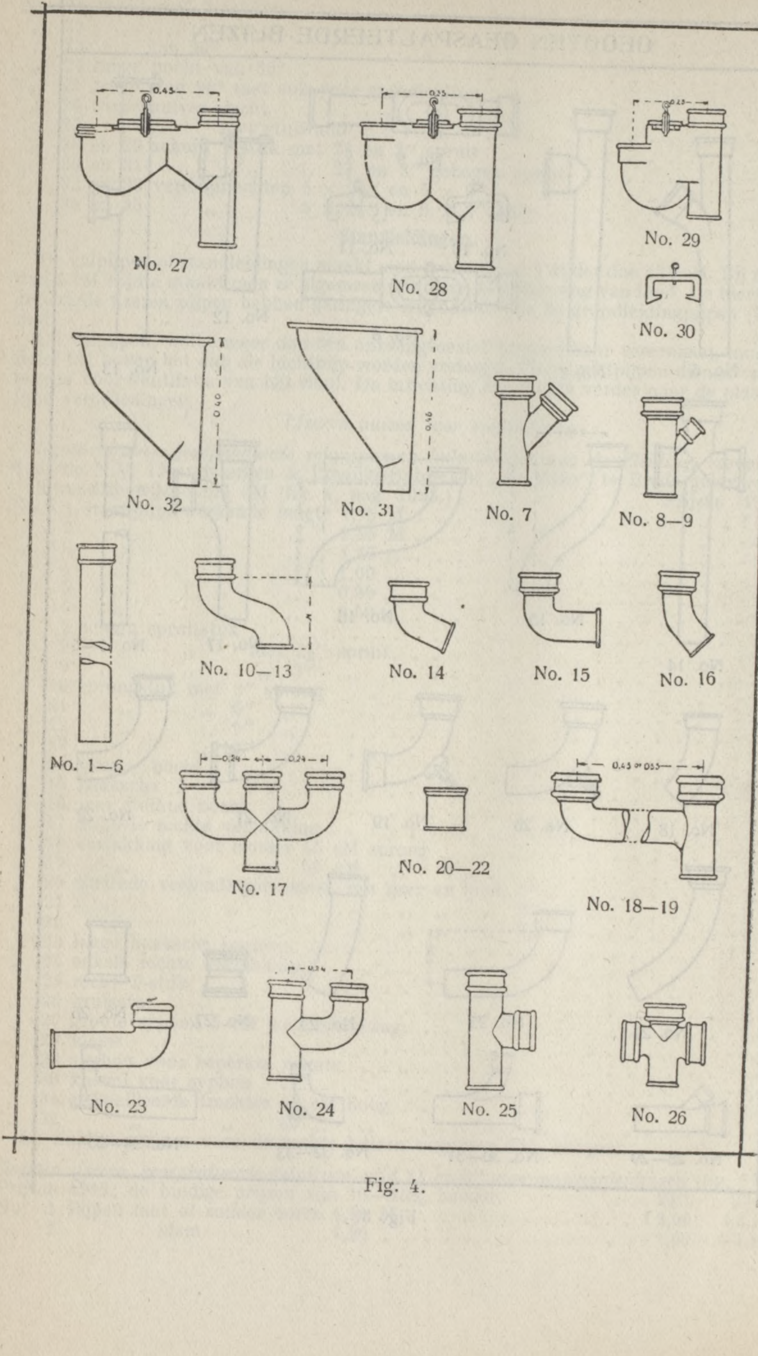

0.45
No. 27
0.55
No. 28
No. 29
No. 30
No. 32
No. 31
No. 7
No. 8—9
No. 10—13
No. 14
No. 15
No. 16
No. 1—6
0.24
0.24
No. 17
No. 20—22
0.45 of 0.55
No. 18—19
0.34
No. 23
No. 24
No. 25
No. 26

Fig. 4.

No. 3	Pijpen met of zonder ooren 0,90 M	f 1,20	f 1,35
,, 4	,, 0,60 ,,	- 0,90	- 1,00
,, 5	Enkele vertakkingen	- 1,20	- 1,35
,, 6	Dubbele vertakkingen	- 1,65	- 2,10
,, 7	Sprongstukken met 3″ sprong	- 0,85	- 1,05
,, 8	idem 6″ ,,	- 1,10	- 1,45
,, 9	idem 9″ ,,	- 1,40	- 1,70
,, 10	idem 12″ ,,	- 1,70	- 1,95
,, 11	idem 15″ ,,	- 2,00	- 2,25
,, 12	Haaksche bochten	- 0,80	- 0,95
,, 13	Stompe bochten	- 0,80	- 0,15

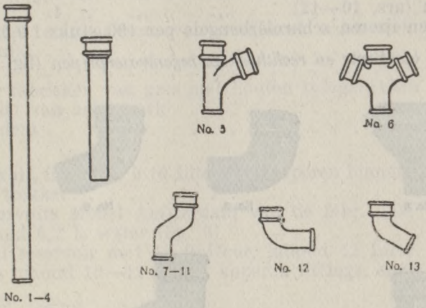


Fig. 5.

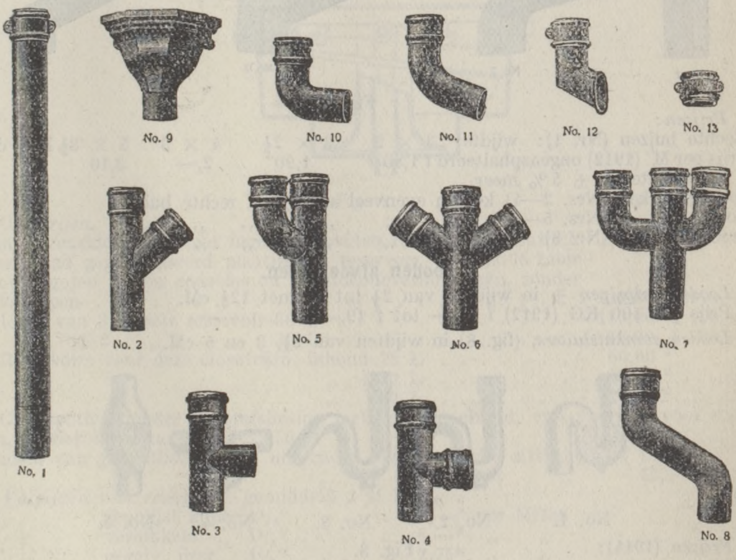


Fig. 6.

Regen- of dakpijpen.

De doorsnede der regenwaterpijpen wordt bepaald op 0,8 tot 1 cM² per M² af te voeren dakvlak (in projectie gemeten) en moet liefst niet minder dan 20 cM² worden genomen.

Gegoten ijzeren ronde afvoerpijpen en hulpstukken, welke in den handel zijn en voornamelijk voor regenpijpen worden gebezigd (fig. 6):

Prijzen (1912.) De huidige prijzen zijn ongeveer 30% hooger. Rechte buizen (nr. 1), (in lengten van 0,91 en 1,83 M).

Wijdte uitwendig	2	2½	3	3½	4	4½	5	6 Eng. dm.
Prijs per M ongeasphalteerd	f 0,60	f 0,70	f 0,80	f 0,90	f 1,00	f 1,25	f 1,60	f 1,90

Geasphalteerd ± 5% meer.

Spruitstukken (nrs. 2—4) kosten evenveel als 1 Meter rechte buis
,, (nrs. 5—7) ,, ,, ,, 1½ ,, ,, ,,
Sprongstukken (nr. 8) ,, ,, ,, 1¼ ,, ,, ,,
Trechterstukken (nr. 9) ,, ,, ,, 1½ ,, ,, ,,
Bochten (nrs. 10—12) ,, ,, ,, 1 ,, ,, ,,

Gegalv. geslagen ijzeren scharnierbeugels per 100 stuks f 9,25—f 15,25."

Gegoten ijzeren vierkante en rechthoekige regenwaterpijpen (fig. 7):

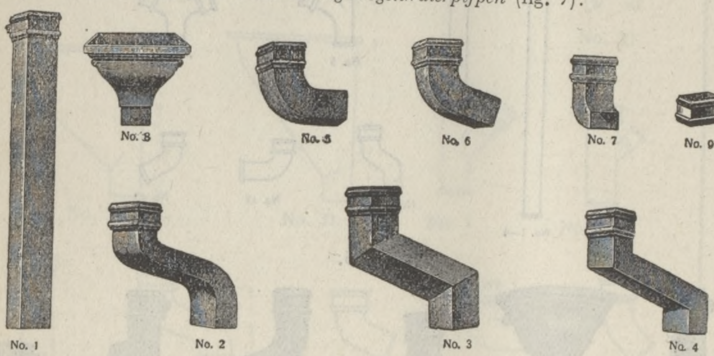


Fig. 7.

Prijzen:

Rechte buizen (Nr. 1): wijdte	3 × 2	3 × 2½	4 × 3	5 × 3½ Eng. dm.
Prijs per M′ (1912) ongeasphalteerd	f 1,80	1,90	2,—	3,10

Geasphalteerd ± 5% meer.

Sprongstukken (Nrs. 2—4) kosten evenveel als 1¼ M rechte buis.
Bochten (Nrs. 5—7) ,, ,, ,, 1 ,, ,, ,,
Trechterstuk (Nr. 8) kost ,, ,, 1½ ,, ,, ,,

Looden afvoerpijpen.

Looden valpijpen ± in wijdten van 2½ tot en met 12½ cM.
Prijs per 100 KG (1912) f 18,— tot f 19,—.

Looden stankafsluiters, (fig. 8) in wijdten van 2½, 3 en 5 cM.



No. 1. No. 2. No. 3. No. 4. No. 5.

Fig. 8.

Prijzen (1914):

	No.	1	2	3	4	5
wijdte	2½ cM	0,90	0,85	0,80	0,90	1,10 gld.
,,	3 ,,	1,00	0,95	0,90	1,00	1,20 ,,
,,	5 ,,	1,20	1,15	1,05	1,20	1,50 ,,

Privaat- en Closetinrichtingen.

(Met * genoteerde prijzen zijn van vóór den oorlog).

Closetpot geel en wit met enkele withouten zitting, muurbrackets, gegoten ijzeren reservoir (inhoud 8 à 9 Liter) met consoles en koperen trekker met porseleinen handvat, koperen pijpbeugels en caoutchoucverbinding, met valpijp .... f 40,00-f 50,00
Idem wit of ivoorkleurig met echt mahoniehouten enkele zitting - 45,00-f 55,00

Closetpotten en privaattrechters.

Closetpot van aardewerk geel en wit .... - 9,50-f 11,00*
gedecoreerd .... - 14,00-f 17,00*
Closettrechter geel en wit van aardewerk met en zonder waterinlaat .... - 5,00-f 6,00
Privaattrechters zonder stankscherm van verglaasd aardewerk - 3,50-f 5,00
Idem met zwaanhals .... - 6,00
Lepeltrechters .... - 4,50-f 7,50
Privaattrechter voor fabrieken van grès met houten belegstukken - 24,00
Schermtrechter (wit) van aardewerk .... f 3,50*
Zwaanshals voor idem .... - 0,75*

Reservoirs.

Gegoten ijzeren reservoir, inhoud 8 à 10 Liter met koperen binnenwerk, consoles en trekker .... - 9,00-f 12,50*
Geëmaill. ijzeren reservoirs Model Amsterdam van de fabr. ,,De Etna" Breda, inhoud 6,2 L water (fig. 9) ....
Automatisch werkend reservoir met ½" flotteur, inhoud 12 Liter f 12,50*
Porseleinen reservoirs inhoud 10—12 L met koperen fittings, enz. - 12,00-f 16,00*

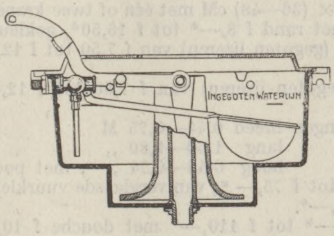


Fig. 9.

Closetrijen.

Van 4 vuurkleipotten met ingelaten houten randen, automatisch werkend gegalvaniseerd plaatijzeren reservoir, inhoud 75 Liter op gegoten ijzeren consoles en caoutchoucverbindingen, zonder valpijpen .... f 130,00- f 140,—*
Idem van 3 closets reservoir 50 L .... - 110,00- f 120,—*
,, ,, 2 ,, ,, 30 L .... - 80,00- f 90,—*
Reservoirs voor deze closetrijen, inhoud 75 L .... - 60,00 *
,, 50 L .... - 50,00 *
,, 30 L .... - 40,00 *

Closetpotten zonder waterafsluiting met waterspoelrand, van vuurklei voor scholen, fabrieken en kazernes f 13,50.
idem van geëmailleerd ijzer, uitwendig geverfd zonder zittingrand f 10,40*
met ,, - 12,—*

Valpijpen voor reservoirs: gemiddeld 2 M lang.
gepolijst koper $1^1/_2$" ..... f 5,—* per Meter
vernikkeld ,, $1^1/_2$" ..... - 6,—* ,, ,,
gegalv. ijzer $1^1/_2$" ..... - 2,75* ,, ,,

Complete closetkranen .... f 3,45*

Gegoten ijzeren *privaattrechters* met zwaanhals:
ruw f 3,— geëmailleerd f 4,25*, met spoelrand f 7,—*
zonder zwaanhals f 1,60—f 2,80* ruw.
f 2,80—f 5,—* geëmailleerd.

Urinoirs.

(De met * genoteerde prijzen zijn van vóór den oorlog.)

Het *Torfiturinoir* is een z.g. reukeloos urinoir zonder waterspoeling, gevormd van torfitplaten, welke met een torfitextract worden bestreken.

Prijs per enkele standplaats . . . . ± f 40,—*
,, van 1 KG torfitextract . . . . . . ± - 0,40*

Benoodigde hoeveelheid per jaar per urinoir ± 10 KG.

Urinoir met olie-stankafsluiter (patent Steinfurth).

Benoodigde hoeveelheid olie voor bestrijking der wanden en voor den stankafsluiter per stand per jaar ongeveer 6 tot 8 Liter. Prijs der olie f 20,—* per 100 KG. De urine wordt door deze olie gedesinfecteerd.

Prijzen der oliesyphons:

syphon voldoende voor 3 standen . . . f 9,90*
,, ,, ,, 6 ,, . . . - 13,20*
,, ,, ,, 15 ,, . . . - 16,50*

Prijs van een *Lip-urinoir* met oliesyphon f 30,— tot f 35,—*.

Wasch- en Spoelinrichtingen.

Fonteinen en Handwaschbakken.

Fonteinen hoog 35 cM tot 57 cM, diameter (23,5—37,5) × (32,5—47) cM in wit aardewerk f 6,— tot f 9,50*, gekleurd f 3,50* meer.

Handwaschbakken (25,5—45) × (32,5—50) cM in wit aardewerk f 4,— tot f 6,—*, gekleurd f 3,— meer.

Shampooingkommen (38—50) × (46—59) cM met gecombineerde nikkelen plug en overloop, in wit aardewerk f 22,50 tot f 25,—*.

Gegoten geëmailleerde waschbakken f 2,— tot f 6,—*.

Waschtafels.

Zonder rand (36—38) × (36—48) cM met één of twee kranen wit f 7,—* tot f 14,—, gekleurd f 6,— meer, met rand f 8,—* tot f 16,50*, gekleurd f 6,—* meer.

Waschtafelstandaards (gegoten ijzeren) van f 7,50 tot f 12,—* afmetingen (55—68) × (40—48) cM.

Waschtafelconsoles (gegoten ijzeren) van f 7,50 tot f 12,—* afmetingen (55—68) × (40—48) cH.

Badkuipen. afmetingen breed 0,44—0,75 M
lang 1,60—1,80 ,,
hoog 0,48—0,74 ,, , met pooten 0,15 M meer, geëmailleerd ijzer f 50,— tot f 75,— *; van verglaasde vuurklei f 120,— tot f 200,—*. Zinken f 20,— tot f 42,—*.

Geysers gewone f 50,—* tot f 110,—* met douche f 10,—* meer, duurdere tot f 200,—*.

Gegoten geëmailleerde waschinrichtingen voor fabrieken, enz.

gegoten geëmailleerde waschtafelrij per kom f 12,50 tot f 15,—*.
met tuimelkommen f 15,— tot f 20,—*.

Keukengootsteenen.

Geëmailleerde gootsteenen met lossen rooster 40 × 30 × 15 cM tot 70×50×12 cM van f 2,40 tot f 6,—, met vast rooster f 0,25 p. st. meer.

Vuurklei-gootsteenen per stuk f 8.—, f 10.—.

Putten, enz.

Prijzen der meest courante *regen-, wel- en privaatputten* (1912).

Wijd binnenwerks	Hoogte buitenwerks	Wanddikte	Bodem per stuk	Ring per stuk	Kruinstuk met deksel
1,50 M	1,— M	12 cM	f 12,—	f 9,50	f 3,50
1,50 ,,	0,75 ,,	12 ,,	- 9,50	- 7,50	- 3,50
1,25 ,,	1,— ,,	11½ ,,	- 9,—	- 7,—	- 2,25
1,25 ,,	0,75 ,,	11½ ,,	- 7,—	- 6,—	- 2,25
1,15 ,,	1,—	11 ,,	- 7,25	- 6,25	- 2,25
1,15 ,,	0,75 ,,	11 ,,	- 6,25	- 5,25	- 2,25
1,— ,,	1,— ,,	10 ,,	- 6,—	- 5,—	- 1,75
1,— ,,	0,75 ,,	10 ,,	- 5,50	- 4,50	- 1,75
1,— ,,	0,60 ,,	10 ,,	- 4,50	- 3,50	- 1,75
0,80 ,,	1,— ,,	9 ,,	- 4,50	- 3,50	- 1,75

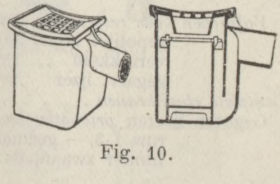


Fig. 10.

Gegoten ijzeren *zinkputjes* voor den afvoer van water op binnenplaatjes, enz. met los deksel en emmer (fig. 10):

groot	34 × 34	28 × 28	28 × 23 cM
prijs (1912)	f 7,— à 8,—	f 4,50 à 5,—	f 3,—

Gegoten ijzeren *syphons* (fig. 11):

Diam. bovenvlak . .	120	180	240	300	400	mM
Dam. aansluiting . .	28	45	52	72	90	,,
Prijs per stuk (1912)	f 1,85	f 3,45	f 5,40	f 8,—	f 13,80	

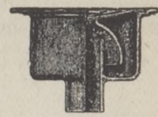


Fig. 11.

Kosten van leggen van huisrioleeringen.

Kosten van leggen en verbinden van aarden buizen in den grond vóór den oorlog met het ontgraven, aanvullen, vervoeren en dichten met asphaltkit:

Gemidd. diepte . .	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	M
buizen wijd 10 cM	f 0,24	0,26	0,29	0,33	0,40	Gld.
,, ,, 12½ ,,	- 0,28	0,32	0,38	0,43	0,52	,,
,, ,, 15 ,,	- 0,35	0,41	0,50	0,56	0,70	,,
,, ,, 20 ,,	- 0,50	0,55	0,67	0,75	0,90	,,

Idem van ijzeren buizen met looddichting:

buizen wijd 10 cM	f 0,66	0,68	0,71	0,75	0,82	,,
,, ,, 12½ ,,	- 0,70	0,74	0,80	0,85	0,94	,,
,, ,, 15 ,,	- 0,98	1,04	1,13	1,19	1,33	,,
,, ,, 20 ,,	- 1,35	1,40	1,52	1,60	1,75	,,

Straten en Wegen.

Litteratuur.

De Waterbouwkunde van Henket, Telders, c.s. Deel Wegen. Uitg. Gebr. v. Cleef. 's-Gravenhage.

Alfred Birk.	Der Wegebau.
E. Genzmer.	Die städtischen Straszen. 1er Bd. Der städtische Tiefbau.
De Ingenieur 1914.	Eenheid van eischen voor bestratingsmateriaal. Blz. 357.
Ir. A. Plate.	Toekomstige wegconstructies in Indische steden. De Ingenieur 1915. Blz. 333.
Ir. M. J. Rotteveel.	Algemeene regels voor het opmaken van ontwerpen en begrootingen bij den dienst der wegverbeteringen in de Preanger. De Ingenieur 1915. Blz. 365.
H. A. van Drongelen.	Leiddraad voor het onderhoud van wegen en constructie van grind- en steenslagwegen. De Ingenieur 1915. Blz. 371.
H. A. Muus.	Straatbouw. Rotterdam.

Verslagen der internationale wegencongressen no. 1 te Parijs 1908.
,, ,, ,, ,, no. 2 te Brussel 1910.
,, ,, ,, ,, no. 3 te Londen 1913.

Straten.

Breedte van straten in steden.

De breedte zal voornamelijk afhangen van het verkeer en de hoogte der aanliggende huizen. Voor een goede toetreding van licht en lucht is bij een bebouwing met 3 verdiepingen de minimum breedte tusschen de gevels voor ons land op 10 Meter te stellen. Als uiterste grens voor de minimum breedte van een straat kan men rekenen 4,50 M voor het rijvlak en 1,50 M voor trottoirs, totaal alzoo 7,50 M.

Volgens verschillende buitenlandsche bouwverordeningen zijn de toegelaten minimum straatbreedten in:

Bremen voor zg. woon- of nevenstraten 10 M,
Düsseldorf idem
Hamburg voor zg. verkeersstraten. . . 17 M,
Leipzig idem; voor woonstraten . . . 13 ,,
Lübeck voor woonstraten 7 M, voor verkeersstraten 10 M,
Keulen ,, ,, 8 ,, ,, ,, 12 ,,
München ,, ,, 13 ,,

Goede normale straatbreedten in gesloten dichte bebouwing zijn die met 6,50 tot 7,50 M rijvlak en 1,75 tot 3,— M wederzijdsche trottoirs; totaal alzoo 10 tot 14 Meter. Bij aanwezigheid van voortuintjes kan de normale straatbreedte in verband met het bovengezegde kleiner vallen nl. tot 8 Meter (5 M rijvlak en 2 × 1,5 M trottoir). In open landelijke bebouwing zijn straatbreedten van 14—20 M met rijvlakbreedte van 7,50—8,50 M en trottoirs, elk van 2,50 tot 5,50 M breedte te verkiezen.

Met één trambaan (spoor) zal de minimum breedte van het rijvlak 7 M moeten bedragen, waarbij behalve de tram nog twee rijtuigen elkaar kunnen passeeren. Bij twee tramsporen zal deze breedte liefst nog met 2 M moeten worden verhoogd. Afzonderlijke trambanen met enkel spoor vorderen een breedte van 2,50 M, die met dubbel spoor 5 M.

Een doelmatig profiel van een straat in een stad voor verschillend verkeer ingericht levert fig. 1, welke het type weergeeft van Ceintuurbaan, van Baerlestraat, enz. te Amsterdam.

Voor snel autoverkeer (tot 80 KM per uur) neme men liefst afzonderlijke automobielwegen.

De minimum afstand der boomen van de gevels zal 6 Meter, liefst 7 Meter moeten bedragen.

Singels met wederzijdsche rijwegen en een wandelpad of parkaanleg in het midden, vorderen een totale breedte van 25 tot 40 Meter.

Heeft men gevels met voortuinen, dan zullen deze een minimum diepte van 3 Meter moeten krijgen; liefst 5 Meter.

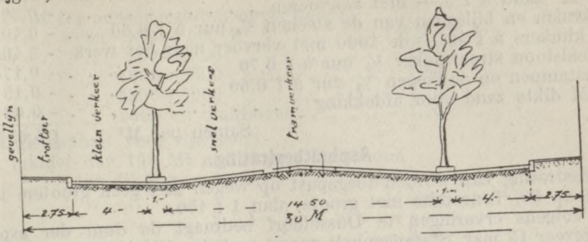


Fig. 1.

Bestratingen in steden.

Bij den aanleg van bestratingen op een deugdelijken onderbouw te letten; in het algemeen wordt (1e Intern. Wegencongres te Parijs 1908) een betononderbouw van 10—15 cM hoogte en onderbed van zand aanbevolen.

Keibestrating.

(Zie ook keiwegen.)

De *aanlegkosten* van 1 M² duurste keibestrating (graniet- en porphierkeien) waren in ons land vóór den oorlog op ± f 6,—, die van minder dure keibestrating (grès en lavakeien) op ± f 5,— den M² te stellen. De aanlegkosten op 20 cM dikke betonlaag werden dan ± f 8,40 à f 7,40.

De aanlegkosten van 1 M² keibestrating van *grèskeien* op zand, bij het loon van een straatmaker à f 0,70 en van een opperman à f 0,60 per uur, kunnen nu als volgt worden aangenomen:

gereedmaken van de aarden baan ⅓ uur	f	0,40
1/10 M³ zand à f 3,— met aanvoeren	-	0,30
bijkruien en bijleggen der keien ⅔ uur	-	0,40
40 grèskeien à 300,— de 1000 met vervoer		
40 grèskeien à f 300,— de 1000 met vervoer .	-	12,—
ardeidsloon straatmaker ⅓ uur	-	0,233
aanstampen en aanvegen ¼ uur	-	0,15
1 cM dekzand	-	0,03
Samen	f	13,513
Winst (kosten van uitvoering) ± 10 %	-	1,357
Samen per M² .	f	14,87

Per werkdag van 8 uren kunnen bij steeds doorwerken door 1 straatmaker en 1 opperman ongeveer 25 M² keibestrating worden gelegd.

Onderhoud.

Ervaringen te Düsseldorf vóór den oorlog leerden, dat het onderhoud der keibestratingen (± 8-jarige ouderdom) bedroeg:

bij Zweedsche granietkeien . . . . 8 pf. per M² per jaar
,, Duitsche grauwakkenkeien . . 11 ,, ,, ,, ,, ,,
,, Belgische grèskeien . . . . 11 ,, ,, ,, ,, ,,

Een grauwakkenbestrating moet te Düsseldorf ongeveer na 20 jaar, een granietbestrating na 30 jaar vernieuwd worden.

Kosten van bestrating te Düsseldorf (1912):

grauwakkenbestrating . . . 8,80 Mk per M²
graniet ,, . . 11,— ,, ,, ,,

Klinkerbestrating (zie ook klinkerwegen).

Per werkdag van 8 uren kunnen ongeveer 25—32 M² klinkerbestrating worden gelegd door 1 straatmaker en 1 opperman.

1 M² straatwerk kost dan gemiddeld 36 à 42 cent.

De aanleg van 1 M² klinkerbestrating op zand is gemiddeld op f 4,70 per M² te stellen. De kosten per M² zijn ongeveer als volgt:

gereedmaken van de aarden baan 1/3 uur à f 0,60	f 0,20
1/10 M³ zand à f 3,— met aanvoeren	- 0,30
bijkruien en bijleggen van de steenen 2/3 uur à f 0,60 . . .	- 0,40
85 klinkers à f 40,— de 1000 met vervoer naar het werk	- 3,40
arbeidsloon straatmaker ¼ uur à f 0,70	- 0,175
aanstampen en aanvegen ¼ uur à f 0,60	- 0,15
1 cM dikte zand voor afdekking	- 0,03
Samen per M² . .	f 4,655

Asphaltbestrating.

Asphaltbestrating kan worden toegepast op wegen met geen grootere helling dan ongeveer 1 op 50. Tonrondte niet grooter dan 1 : 100.

Duur: Volgens ervaringen te Düsseldorf bedraagt de duur der asphaltbedekkingen ongeveer 15 jaar. Stampasphalt neemt met den tijd in dikte af, hoofdzakelijk door samendrukking. Volgens waarneming te Parijs na 15 jaar 15 % in dikte en 5 % in gewicht. Bij middelmatig verkeer is de jaarlijksche afslijting op 1 tot 2 mM bij stampasphalt te stellen.

Kosten van aanleg:

Bij gelijke dikten is er tusschen stamp- en gietasphalt weinig of geen verschil in prijs per M² wegvlak. Voor rijwegen heeft het eerste de voorkeur. Te Berlijn kostte vóór den oorlog 1 M² gietasphaltbevloering van 1,5 tot 2 cM dikte met een betonlaag dik 10 cM, f 3,15—f 4,05 en een rijweg van stampasphalt dik 5 cM op 20 cM dik cementbeton van ongeveer 1 op 8 maatdeelen met 4-jarig onderhoud f 9,90 per M².

Te Parijs kostte 1 M² gietasphaltbestrating op betonlaag dik 10 cM f 3,—f 3,75 en een rijweg van 5 cM dik stampasphalt op 15 cM beton f 9,30 per M². Te Amsterdam bij 2 cM dikke gietasphaltlaag op 2 cM beton f 4,05 per M² en een rijwegbevloering van 5 cM stampasphalt f 9,50 per M² bij een prijs van f 18,— tot f 21,— voor het asphaltkalkpoeder, f 27,— tot f 30,— voor de mastiek en f 96,— per 1000 KG voor het Trinidadasphalt.

Te Rotterdam werd het asphaltplaveisel aangenomen voor f 6,50 den M² met kosteloos onderhoud gedurende 3 jaren, waarna het kan geschieden tegen f 0,25 per M².

Volgens anderen bedroeg de prijs van:

1 M² asphalttegelbestrating:

dik 5 cM op 20 cM beton	f 6,40
,, 4 ,, ,, 17 ,, ,, ...	- 5,25
idem ,, 5 ,, zonder ,, ...	- 4,—
1 M² gietasphalt dik 4 cM op 17 cM beton . .	- 5,25
1 ,, ,, ,, 4 ,, zonder ,, . .	- 3,25

Deze prijzen waren laag berekend.

Met de tegenwoordig geldende prijzen moet men minstens rekenen:

1 M² stampasphaltlaag van 5 cM dikte alleen ± f 15,—

1 M² gietasphalt (bij niet minder dan 50 M² tegelijk) per cM dikte f 3,— per M².

De aanleg der asphaltwegen te Amsterdam geschiedde voor de jaren 1902—1912 tegen de volgende prijzen:

Beton en afpleistering: (één-jarig onderhoud)

1 M² betonlaag met cementafpleistering dik te zamen 20 cM per oppervlak van minder dan 100 M² . . . . . . f 2,50

idem ter aaneengesloten oppervlak van boven de 100 M² . . . . - 2,20

1 M² stampasphalt ter oppervlakte van minder dan 100 M² met 1 jaar onderhoud

ter dikte van 5 cM	f 6,—
,, ,, ,, 4 ,, ...	- 5,—
,, ,, ,, 3 ,, ...	- 4,—
,, ,, ,, 2 ,, ...	- 3,—

idem dik 5 cM ter aaneengesloten oppervlakte

van 100— 500 M²	f 5,80
,, 500—1000 ,, ...	- 5,60
,, 1000—1500 ,, ...	- 5,40
,, 1500—2000 ,, ...	- 5,20
,, 2000 en daarboven	- 5,—

1 M² gietasphalt ter oppervlakte van minder dan 100 M² met 1 jaar onderhoud
ter dikte van 3 cM . . . . . . f 3,—
,, ,, ,, 2 ,, ... - 2,—
,, ,, ,, 1 ,, ... - 1,50

idem dik 2 cM ter aaneengesloten oppervlakte
van 100— 500 K² . . . . . . f 1,90
,, 500—1000 ,, ... - 1,85
,, 1000—1500 ,, ... - 1,80
,, 1500—2000 ,, ... - 1,75
,, 2000 en daarboven . . . . - 1,70

Speciaal gietasphalt voor rijwegen:
1 M² van minder dan 100 M² met 1 jaar onderhoud
ter dikte van 5 cM . . . . . . f 6,—
,, ,, ,, 4 ,, ... - 5,—
,, ,, ,, 3 ,, ... - 4,—
,, ,, ,, 2 ,, ... - 3,—

idem ter dikte van 5 cM ter aaneengesloten oppervlakte
van 100— 500 M² . . . . . . f 5,80
,, 500—1000 ,, ... - 5,60
,, 1000 en daarboven . . . . - 5,40

Idem dik 4 cM van f 4,75 tot f 4,45
,, ,, 3 ,, ,, - 3,60 ,, - 3,30

Onderhoud:
Men doet goed met den aannemer van asphaltbedekkingen overeen te komen, dat het onderhoud de eerste 3 à 5 jaren na den aanleg voor zijn rekening komt en het daarna per jaar per M² oppervlak vast te stellen.

De kosten van onderhoud bedroegen te Düsseldorf voor gietasphaltbestratingen (geen tegels) tot het einde van het 15e jaar per M² 50 pf. in straten zonder rails en 75 pf. in die met rails.

Na den termijn van 15 jaren moet de dikte der bestrating nog zoo zijn, dat de bedekking nog ongeveer 2 jaar aan het verkeer weerstand kan bieden, d. i. ongeveer 2,4 à 2,6 cM. In het algemeen is het onderhoud te Düsseldorf per M² per jaar 8—12 pf. voor de oudste asphaltstraten, bij de nieuwere zullen deze cijfers niet bereikt worden.

Houtbestrating. (Zie ook blz. 1116).

De houtbestratingen bestaan tegenwoordig veelal uit blokjes, welke kops, d. i. met het eindelingsch hout boven in halfsteens verband met ± 5 mM wijde voegen worden gezet. De voegen worden tot zekere hoogte met cement of asphalt gevuld. Bij gebruik van hard hout vervallen de voegen. In Engeland wordt houtbestrating voor zwaar verkeer verkozen; volgens sommigen ook de meest economische bestrating. Het onderhoud kostte aldaar tot f 0,90 per M² per jaar.

Duur der houtbestratingen in Londen: zacht hout 8—9 jaar; hard hout 10—15 jaar. Maximum helling bij zachthoutbestrating 1 op 12½, bij hardhoutbestrating 1 op 25.

Betonbestrating.

De betonwegen hebben betrekkelijk geringe aanlegkosten in verhouding tot hout-, asphalt-, teersteenslag- en klein plaveisel op een betonfundeering en verder geringe onderhoudskosten. In Engeland rekent men ongeveer f 100 per jaar per KM lengte bij een breedte van ± 5,50 M van de verharding. Het is doelmatig de oppervlakte te teren, daar dit de stofvorming voorkomt. Met gewapend beton kunnen belangrijk geringere dikten worden verkregen, terwijl deze bevloering bij slechten ondergrond van voordeel is en scheuren voorkomt.

Een nadeel in de toepassing is de lange tijd van uitvoering, daar de weg eerst na ongeveer 4 weken voor het verkeer mag worden opengesteld en de bezwaren van het opbreken.

De wegen zijn practisch stofvrij in den zomer en slikvrij in den winter, terwijl zij voor paarden niet te glad zijn. Een goede afwatering van wegdek en ondergrond is ook hier gewenscht.

Wat de hoedanigheid en bereiding van het beton betreft, is behalve de gewone regelen het volgende in acht te nemen:

Een vet mengsel verdient de voorkeur. Innige vermenging der bestanddeelen, bij handmenging niet minder dan tweemaal droog en driemaal nat is vereischte. Het beton mag niet te nat zijn, terwijl met de weersgesteldheid moet worden rekening gehouden. Het beton moet ook niet te snel drogen, het oppervlak moet na het eerste etmaal zoo dikwijls nat gehouden worden als noodig blijkt.

In Illinois (Amerika) neemt men als standaard-betonbestrating voor 16 tot 18 ft. breede wegen een dikte van 7 inch. aan de zijden en 8 inch. in het midden. Zij worden gemaakt van cementbeton van 1 dl. P.C., 2 dl. fijn en 3—4 dl. grof steenmateriaal.

Wegen.

Projecteeren van wegen.

De aanleg van een weg moet, ook wat kosten betreft, in overeenstemming zijn met het doel, dat wordt beoogd.

Behalve op aanlegkosten zal ook aan het onderhoud de aandacht moeten worden gewijd. Bij het kiezen van het tracé van den weg zal men er op moeten letten, dat de weg op een zoo droog mogelijken ondergrond komt te liggen en de afwatering zoo goed mogelijk kan geschieden. Behalve bij hoofd- en verbindingswegen zal men zorgen, dat het tracé zooveel mogelijk aan de terreinshellingen aanpast om in aanlegkosten te besparen, evenwel zijn te steile hellingen en zoogenaamde verloren hoogten of laagten, welke weder worden prijsgegeven, zooveel mogelijk te vermijden. Moeten diepe of breede dalen worden overschreden, dan zijn de kosten voor een horizontalen overgang veelal ook voor hoofdwegen te groot in vergelijking met het voordeel daaraan verbonden en zal men met verloren hoogten genoegen moeten nemen. Evenwel is een herhaaldelijk of dikwijls wisselen van stijgen en dalen te vermijden.

Na vaststelling van de algemeene richting, van het tracé van den weg (b.v. met den roadtracer) wordt met dit tracé als meetlijn een voldoend breede situatie-opneming verricht op de wijze van een topografische opneming met veel detailpunten en op schaal van b.v. 1 : 2000 in kaart gebracht. Op deze kaart wordt de weg ontworpen en daarbij de terreinvorm min of meer gevolgd naar gelang van de meerdere of mindere belangrijkheid van den weg en het grondverzet daarnaar geregeld. Het meerdere grondverzet bij een minder bochtig of hellend tracé kan daarbij door de gemakkelijker berijdbaarheid worden gerechtvaardigd. Waar bruggen komen, passe men rechte stukken toe; bij duikers is dit niet noodig.

Waar serpentijnen worden ontworpen, zullen de krommingen horizontaal moeten liggen. Wegen, welke niet minstens 0,60 M boven het terrein liggen, zullen afwateringsgreppels moeten krijgen, evenals die, welke gedeeltelijk in ingraving en in ophooging liggen. De aardwerken van een weg zullen niet alleen het geringst zijn, wanneer de te vervoeren hoeveelheden het geringst zijn, maar ook, wanneer de ophoogingen en ingravingen zelfs bij groote hoeveelheden elkaar op niet te grooten afstand opheffen.

Uit de op de kaart ontworpen situatie en het lengteprofiel kan het grondverzet en verdere begrooting worden opgemaakt.

Is het op vlak terrein veelal onnoodig, in hellend of geaccidenteerd terrein zal bij de uitvoering de as van den weg op het terrein moeten worden bepaald om later belangrijke afwijkingen en daardoor verschillen met de begrooting te voorkomen. Vooral bij het ontwerpen van zoogenaamde serpentijnen om te groote hellingen te vermijden en bij brugovergangen is een juiste opname op het terrein noodig. Daarbij worden het vastgestelde lengteprofiel en de beginselen bij het ontwerp van de situatie aangehouden, maar tevens bij het uitzetten om de 10 Meter dwarsprofielen gemeten. De uitgezette as wordt in teekening gebracht (b.v. schaal 1 : 1000), tevens de opgenomen dwarsprofielen met daarin geteekende wegprofielen. (Schaal 1 : 200). Daarmede kan de op het terrein bepaalde as nog eens worden herzien en verbeterd.

Voor bepaalde afstanden (in het algemeen van 10 tot 10 M) worden nu het grondverzet, de bezoding, de onteigening, enz. berekend uit de gegevens van de kaart en het lengteprofiel.

Bogen in wegen.

Voor de bepaling der bogen zijn de grootste lengten der voertuigen maatgevend. Als kleinste straal van de as van den weg bij wegen, welke alleen uit landbouwkundig of speciaal oogpunt worden aangelegd, kunnen de volgende waarden dienen:

Wegbreedte		Straal bij lengte van het voertuig met bespanning		
		25 M	15 M	10 M
Dubbel spoor	8,00 M	32,50	12,50	6,50
	7,50 ,,	36,00	14,00	7,00
	7,00 ,,	40,00	15,00	7,50
	6,50	45,50	17,00	8,00
	6,00 ,,	53,00	19,50	9,00
	5,50 ,,	63,00	23,00	11,00
	5,00 ,,	79,00	29,00	13,00
Enkel spoor	4,50 ,,	30,50	10,50	4,50
	4,00 ,,	38,50	13,50	5,50
	3,50	51,50	18,00	8,00

Bij nog kleinere stralen moet de wegbreedte grooter worden. Voor speciaal autoverkeer neme men den straal der bogen minstens 50 M en passe men parabolische overgangsbogen toe.

Hellingen van wegen.

Volgens *Heusinger von Waldegg* zijn de maximum hellingen voor:
Hoofdwegen in bergstreken . . . . . 7% of 1/14
,, in heuvelachtig terrein 5 à 6% of 1/20 à 1/17
,, in vlak land . . . . . 3% of 1/33
Binnenwegen . . . . 6 à 8% of 1/17 à 1/12⁵
Veld- en boschwegen met afgaand vervoer 10% of 1/10.

Evenwel neme men voor hoofdverkeerswegen niet meer dan
5% in bergstreken
4% in heuvelland
2,5% in vlakland
en neme men steeds de grootste hellingen aan het benedeneinde, zorgdragende, dat bij aanhoudende stijging van meer dan 30 M totale hoogte en wanneer een steilere helling dan 4% wordt gebezigd, bij elke volgende stijging van 30 M totale hoogte, de helling minstens ½% wordt verminderd, totdat de helling van 4% is bereikt om de trekdieren niet al te zeer te vermoeien. Zijn groote lengten van 4% niet te vermijden, dan legge men op afstanden van 600—800 M gedeelten van minstens 30 M lengte aan, horizontaal of hoogstens met 1% helling om gelegenheid te geven uit te rusten. Automobielen kunnen hellingen berijden van 7% en meer, maar men blijve liefst beneden dit getal.

Waar bochten in hellingen komen te liggen, zullen deze hellingen 10 à 15% minder moeten bedragen dan op de rechte gedeelten. In bogen kleiner dan 30 M neme men de maximum helling van 2% of $^1/_{50}$ aan. In Ned. Indië komen in de postwegen hellingen van $^1/_6$ à $^1/_8$ voor. Zij moeten evenwel worden vermeden, terwijl de maximum hellingen over geen grootere lengte dan 500 M moeten voorkomen. Zoo heeft de Gompel in den grooten postweg Semarang—Oenarang een maximum helling van $^1/_7$.

Breedte van wegen.

De minimum breedte voor voertuigen is 2,50 Meter. De verharding is op deze breedte alleen bij beperkte geldmiddelen te nemen. Moeten de voertuigen elkaar passeeren, dan is de breedte minstens op 4 M te houden. Smalle verhardingen vorderen breedere bermen.

In het algemeen hebben de hoofd- en Rijkswegen in ons land een kruinsbreedte van 12—14 Meter en de Provinciale en Gemeentewegen 7—8 Meter.

De breedte der bermen is 0,50 M, wanneer geen voetpad noodig is en 1 Meter, wanneer zij met boomen worden beplant.

Als minimum is de kruinsbreedte te stellen voor:
hoofdwegen . . . . 8 Meter.
binnenwegen . . . . 6 ,,
land- veld- en boschwegen. . . 4 ,,

De kleinste breedte voor gering vervoer is:
pad voor 2 voetgangers . . . . 0 90 M
verharding voor 2 geladen wagens 3,60 ,,
berm voor materialen . . . . 0,90 ,,
Samen. . . 5,40 M

Breedte van de verharding.

De breedte neme men voor keiwegen liefst niet minder dan 4 Meter en voor grint- en steenslagwegen 4 à 5 Meter.

Voor grintwegen van 4 M of meer breedte zijn paardesporen of paden van klinkers beslist af te keuren.

In Baden zijn de volgende breedten aangenomen:
voor wegen met een verkeer van 100 of meer trekdieren dagelijks 4,8 Meter
,, ,, ,, ,, ,, ,, 60 tot 100 ,, ,, 4,5 ,,

In Wurtemberg is de breedte bij gering verkeer 4,3 tot 4,5 Meter en bij groot verkeer 6 tot 7,5 Meter.

De verharding onzer Rijkswegen is breed van 3 tot 5 Meter.

Bij Kon. Boodschap van 28 Juli 1915 is een ontwerp van wet aanhangig gemaakt tot verbetering der rijkswegen. Min. Lely stelt daarbij voor, den hoofdwegen een breedte te geven van ± 17 M, waarvan 7 M verhard, met daarnaast een rijwiel- en voetpad samen 4 tot 6 M.

Tonrondte.

Te veel tonrondte geeft aanleiding tot sporen; voor klinkerwegen niet meer dan $^1/_{40}$, bij grint- en steenslagwegen veelal wat meer dan $^1/_{25}$ à $^1/_{20}$, daar zij op den duur minder wordt.

Grint- en steenslagwegen.

De voordeelen van grint- en steenslagwegen zijn: goedkoope aanleg en goedkoop onderhoud, mits met de noodige zorg geschiedende.

Nadeelen zijn:

1. Het onderhoud vereischt voortdurend nauwlettende zorg en ervaren personeel.
2. Bij langdurigen regen kunnen vooral in grintwegen sporen ontstaan.
3. Veelal ontstaan paardensporen.
4. Stoffigheid in den zomer.
5. Bij spreiding van de verhardingsmaterialen is de weg tijdelijk ongeschikt voor het vervoer.

Bij niet te groot verkeer zijn de grint- en steenslagwegen finantieel boven de andere te verkiezen. De onderhoudskosten zijn bij niet te groot verkeer verreweg het laagst. De grintwegen staan in hoedanigheid achter bij de steenslagwegen en grint is alleen daar de doelmatigste verharding, waar het goedkoop te verkrijgen is. Bij zwaar verkeer zijn alleen basalt- en quenastslag aan te bevelen. Het basaltslag is harder dan het porphierslag; het laatste geeft meer slib op den weg.

Aanleg van grintwegen:

De aanlegkosten van een grintweg, breed 4 Meter met een vlijlaag van baksteen, waarop stortlaag van geklopt puin dik 10 cM en daarop grintlaag dik 10 cM kunnen heden als volgt worden begroot:

Aankoop van riviergrint met vracht per M³	f 8,—
Vervoer langs den weg	- 1,50
Meten en storten	- 0,50
Samen per M³ .	f 10,—

Aankoop puin met vracht per M³	f 5,—
Kloppen per M³	- 3,—
Vervoer langs den weg	- 1,50
Meten en storten	- 0,50
Samen per M³ .	f 10,—

Kosten van 100 M lengte weg:

Kosten van graven van de kip en in orde brengen van de aarden baan à f 0,40 per M¹	f 40,—
Leggen van de vlijlaag à f 0,06 per M²	- 24,—
Aankoop 24 M³ vlijpuin à f 5,—	- 120,—
40 M³ kloppuin à f 8,—	- 320,—
Spreiden en aanstampen van de puinlaag à f 0,03 per M² . . .	- 12,—
Aankoop 1 cM leemlaag op het puin d.i. 4 M³ à f 5,—	- 20,—
Scherven en spreiden van de leemlaag à f 0,03 per M² . . .	- 12,—
Transporteeren . . .	f 548,—

Transporteere	. f 548.—
40 M³ riviergrint à f 8,—	- 320,—
Spreiden van de grintlaag à f 0,03 per M²	- 12,—
10 uur walsen en sproeien à f 10,—	- 100,—
Leggen van spoorleiders	- 2,—
Samen	. f 982,—

of per KM f 9820,—.

In de provincie Overijsel waren vóór den oorlog de kosten van grintwegen met vlijlaag, waarop 8 cM puin en 7 cM Duitsche grint en een breedte der verharding van 2,50 M per Meter weg ongeveer f 3,80—f 4,—, per KM alzoo f 3800—f 4000,—.

Aanleg van steenslagwegen.

Steenslag, aankoop met vracht per M³.	.f 15,—
Lossen	- 1,—
Vervoer langs den weg	- 1,50
Meten en storten	- 0,50
Samen per M³	f 18,—

K o s t e n v a n 1 0 0 M e t e r b a s a l t s l a g w e g, breed 4 Meter met een laag basaltslag dik 13 cM op een vlijlaag van baksteenstukken:

kosten van graven van de kip diep 0,19 Meter en gelijkmaken van de aarden baan	f 40,—
3000 M² vlijlaag met zand à f 0,80	- 2400,—
405 M³ basaltslag à f 18,—	- 7290,—
50 M³ leem voor vulling à f 5,—	- 250,—
100 uur walsen en sproeien à 10,—	- 1000,—
50 M³ grintzand voor deklaag à f 5,—	- 250,—
spoorleiders.	- 25,—
Samen per KM . .	f 11255,—

Onderhoudskosten van grint- en steenslagwegen.

De onderhoudskosten van 's Rijks grint- en steenslagwegen waren vóór den oorlog naar gelang van het verkeer f 111,— tot f 206,— per KM.

Grintwegen vorderen in onderhoud meer M³ materiaal dan steenslagwegen en wel $1^1/_2$ maal meer dan basaltslag.

Een basaltslagweg van 3 Meter verhardingsbreedte eischt jaarlijks bij behoorlijk onderhoud 12 M³ per KM. Alzoo heden

12 M³ basaltslag à f 18,—	f 216,—
1,5 M³ leem voor aanvulling à f 5,—	- 7,50
3 uur walsen en sproeien à f 10,—	- 30,—
1,5 M³ grintzand voor deklaag à f 5,—	- 7,50
spoorleiders enz.	- 1,20
kosten van een arbeider	- 60,—
Samen	f 322,20

In Duitschland is jaarlijks ongeveer per Meter straatbreedte en per KM straatlengte (1000 M² opp.) noodig de volgende hoeveelheid onderhoudsmateriaal:

Dagelijksche grootte van het verkeer gemiddeld aantal trekdieren	Zeer hard steenslagdek	middelmatig hard steenslagdek
20 tot 50	4—6 M³	6—8 M³
50 ,, 100	6—7 ,,	8—9 ,,
100 ,, 300	7—8 ,,	9—10 ,,

De gemiddelde jaarlijksche onderhoudskosten voor 1 KM gewone steenslagwegen bedroegen aldaar 450—600 Mk, waarvan 75 % voor het onderhoud der steenslagverhardingen.

In Ned. Indië zijn de meeste wegen steenslagwegen met een verhardingsbreedte op de eerste-klassewegen van 5 à 6 Meter en op de voorname binnenwegen van 4 M.

Het onderhoud der wegen in heerendienst bedraagt bij omzetting van dezen arbeid in geld ongeveer f 250,— per KM per jaar.

Bij zorgvuldig onderhoud voor het in goeden toestand houden van druk bereden, doch in goeden toestand verkeerende wegen met een verhardring van 4 à 5 M breedte

blijkt 50 à 60 M³ riviergrint per jaar per KM voldoende te zijn; bij gering verkeer minder en is 20 à 30 M³ ruimschoots voldoende. Voor de gewone dagelijksche onderhoudswerkzaamheden is ook bij wegen, met een vrij druk verkeer voor elken 1½ à 2 KM weg één vaste wegwerker toereikend.

Voor wegen in vrijen arbeid of door gestraften onderhouden, zijn op elke ploeg van 20 koelies noodig:

6 ijzeren stampers.
10 patjols.
4 pikhouweelen.
2 platte breekijzers.
4 stalen krabbers.
4 ,, schoppen.
een zeef van ijzergaas voor het zeven van fijn grint,
een bijl voor het doorkappen van boomwortels,
2 kapmessen voor het snoeien der boomen.

Voor de wegen buiten de hoofdplaatsen geschiedt het vegen alleen van groot vuil.

In de Preanger-Regentschappen deelt men tegenwoordig de wegen naar het onderhoud in nl.

1 met 160—200 M³ verhardingsmateriaal per KM
2 ,, 120—160 ,,
3 ,, 90—120 ,,
4 ,, 60— 90 ,,
5 ,, 30— 40 ,, per as berijdbaar
6 ,, 30— 40 ,, (niet berijdbaar)
7 tot 20 M³ onverharde wegen inbegrepen.

Teer- en teersteenslagwegen.

Met de bedoeling des zomers hinderlijke stofvorming en des winters moddervorming tegen te gaan wordt tegenwoordig vaak teer aan den steenslag toegevoegd; de verharding krijgt daardoor bovendien een langeren duur en kost minder aan onderhoud.

Het teren kan geschieden: *a.* aan de oppervlakte van den weg; *b.* inwendig. Bij de oppervlaktetering wordt de teer op den steenslag- (of grint-)weg gegoten of gesproeid, met bezems nageveegd en afgedekt met gruis, teneinde het afvloeien der teer te verhinderen en tevens de teerlaag meer weerstandbiedend te maken. De teerlaag voorkomt des zomers het rul worden en des winters het week worden van den weg. Op den duur wordt de teer door het oppervlaktewater aangetast, terwijl de weg er onder verdroogt en het aldaar aanwezige bindmiddel uiteenvalt.

Het oppervlakteteren is goedkoop, doch slechts geschikt voor open wegen, waar zon en wind kunnen inwerken. Gemiddeld heeft men 0,12 L teer per M² noodig. De teerlaag af te dekken met een mengsel van ½ dl. scherp zand en ½ dl. gruis van maximum $^{3}/_{16}''$ grootte. De zg. ,,slag dust" is nog beter.

De inwendige tering voldoet aan strengere verkeerseischen en is geschikt voor ongunstigere weersinvloeden. Deze kan nog weer op tweeërlei wijzen plaats vinden:

1°. Volgens de penetratiemethode, waarbij de steenslag eerst gewalst wordt en daarna de teer wordt ingebracht.

2°. Volgens de mengmethode.Hierbij wordt de steenslag op verwarmde platen gedroogd, in een korf eenige minuten in een kokend teermengsel gehangen; na uitlekken wordt hij op een planken vloer met scherp zand dooréêngezet en op voorraadshoopen gestort. Bij droog weer en voldoenden voorraad wordt de steenslag op het onderbed uitgespreid tot voldoende dikte (6 tot 13 cM) en met de stoomwals vastgelegd (*zonder* watersproeiing). Het dek wordt daarna met warme teer bestreken en met een laag scherp zand afgedekt, nog eenmaal overgewalst en na 2 dagen voor het verkeer opengesteld. Het onderhoud bestaat in het jaarlijks één of twee maal herhalen der laatste bewerking.

Onder normale omstandigheden bedroegen de *kosten* dezer laatste, hier te lande vaak toegepaste methode, voor: een vlijlaag van puin, 10 cM geklopt puin, kantlagen, gewalst, 10 cM basalt (3 × 4), walsen, dekzand f 2,50 per M². dus ongeveer 25% meer dan voor een gewonen basaltslagweg. In Engeland kostte vóór den oorlog de teersteenslag maximum f 3,25 per M² en het onderhoud ± f 0,12 per M² per jaar.

Voor *teer* bezigt men steenkolenteer (waarvan de samenstelling afwisselend is en niet altijd even geschikt); toevoeging van starcoline maakt haar geschikter. De ruwe steenkoolteer, welke ammoniakwater bevat, is niet geschikt en moet eerst gedehydrateerd worden. Goede teer zal moeten wegen ongeveer 12 lb per gallon bij ± 60° F.

Ruwe teer moet lang aan de kook worden gehouden alvorens ze te gebruiken. Dunvloeibaarheid wordt verkregen door verwarming op ± 80° of door toevoeging van 10% teerolie.

Voor *steenslag* wordt naast basalt- en porfierslag ook wel de voorkeur gegeven aan meer poreuze materialen (kalksteen, hoogovenslakken), welke een meer innigen samenhang verkrijgen. De granietsteenslag niet grooter dan ¼″ te nemen.

Voor het *dekmateriaal* kunnen, behalve zand, ook steenslaggruis of schelpen genomen worden.

Klinkerwegen.

Voordeelen:

1e. Eenvoudig onderhoud.

2e. In den zomer weinig stoffig en in den winter weinig slikkerig.

3e. De bestrating is eenvoudig op te breken en de vernieuwde bestrating is direct weder voor het verkeer gereed.

Nadeelen:

1e. Duur onderhoud in vergelijking met andere verhardingen.

2e. Slechte toestand bij onvoldoend onderhoud met nieuw materiaal.

3e. Ongeschikt voor zware vrachten.

Bij groot, doch niet te zwaar verkeer komen klinkerwegen in aanmerking ook daar, waar men niet in staat is voor goede afwatering te zorgen.

De gemiddelde duur van een goedgelegden klinkerweg bedraagt ongeveer 20 tot 25 jaar, d. w. z. bij gering verkeer moet men de bestrating vernieuwen in 40 tot 50 jaar en bij druk verkeer in 15 tot 20 jaar.

Aanleg van klinkerwegen.

Aanleg van klinkerwegen op niet te grooten afstand van een steenfabriek gelegen:

Aankoop der straatklinkers per 1000	f 40,—
Scheepsvracht	- 3,50
Lossen	- 1,—
Vervoer langs den weg	- 1,50
Samen	f 46,—

of bij 85 stuks per M²	f 3,91
Kosten van straten per M²	- 0,40
Samen per M²	f 4,31

K o s t e n v a n e e n k l i n k e r w e g breed 4 Meter per KM:

Graven van een kip diep 0,35 M	f 600,—
Zandaanvulling dik 0,25 M:	
1000 M³ à f 3,—	- 3000,—
4000 M³ bestrating à f 4,31	- 17240,—
Dekzand	- 160,—
Samen per KM	f 21000,—

Onderhoudskosten.

Bij druk bereden en goed onderhouden wegen kan men rekenen, dat de bestrating in 30 jaren tijds vernieuwd moet worden, terwijl jaarlijks 2 % van het oppervlak zal moeten worden herlegd bij een gemiddelde breedte der bestrating van 3 Meter. Alzoo wordt heden het onderhoud van 1 KM klinkerweg van 3 Meter breedte:

100 M² nieuwe bestrating à f 4,31	f 431,—
Bijlevering van zand voor 100 M² à f 0,15	- 15,—
Herleggen van 60 M² bestrating à f 0,40	- 24,—
Bijlevering van zand voor 60 M² bestrating à f 0,15	- 9,—
Vervoer der oude steenen	- 5,—
Samen	f 484,—
Opbrengst van 6 M³ puin, welke in mindering komt à f 2,50	- 15,—
Blijft	f 469,—

De R ij k s k l i n k e r w e g e n in ons land met een breedte van 3 à 4,5 M vorderden vóór den oorlog aan onderhoud naar gelang van het verkeer f 268,—f 395,— per KM. In het algemeen kon men niet minder dan f 250,— per KM stellen.

Keiwegen.

De keiwegen hebben gelijke *voordeelen* als de klinkerwegen. Het onderhoud is vooral goedkoop. *Nadeelen* zijn de dure aanleg en de gladheid van sommige harde

keisoorten. In industriecentra, traversen van steden en dorpen en bij zwaar verkeer in natten tijd zijn de keiwegen op hun plaats. Ook waar jaarlijks meer dan 8 % nieuwe bestrating aan klinkerwegen moet worden aangebracht, zou ombouw van den klinkerweg in een keiweg finantieel voordeelig zijn.

Voor zwaar verkeer en steenarme streken worden wel *ijzeren wagensporen* gemaakt; een breed rijvlak (17,5 cM) geeft aan voertuigen met uiteenloopende spoorwijdte gelegenheid het spoor te berijden; het wagenspoor heeft een bakvorm, naar onderen vernauwend, om het opvullingsbeton beter vast te houden, is voorzien van een kleinen opstaanden kant en weegt ± 20 KG per M¹. Als voordeelen heeft men hierbij: minder onderhoudskosten aan den weg en minder vervoerkosten voor het verkeer.

Kleinplaveisel (Kleinpflaster) is een soort keiweg, welke tegenwoordig ook meer en meer toepassing vindt. Als materiaal gebruikt men basalt, graniet, melafier, grauwacke en andere natuursteensoorten; de steenen hebben den teerlingvorm met 7 tot 9 cM zijde, met een onderling hoogteverschil van hoogstens 1 cM. Zij worden gezet in een 1 tot 2 cM dikke zand- of grintlaag, met zoo klein mogelijke voegen geplaatst in rijen, welke waaiervormig of mozaïekvormig verloopen; de voegen worden ingeschrobd en de steenen aangestampt en als afdekking komt er een laagje zand over; beter is een voegvulling met asphalt, welke echter kostbaarder is en b.v. voor bruggen toe te passen. Toe te laten hellingen bij basalt 4 %, voor graniet 7 %.

Als fundeering kan een oude steenslagweg dienen, ontdaan van stof en slijk, met pikhouweelen losgewerkt en daarna afgewalst; bij nieuwen aanleg kan een klinkerpuinfundeering gemaakt worden.

Tegenover steenslagwegen blijft het kleinplaveisel zuiverder, de slijk- en stofvorming is geringer; tegenover keiwegen geeft het minder geraas en besparing aan onderhoud (geringere afslijting en minder benoodigde trekkracht) en aanlegkosten.

Aanleg van keiwegen.

Aankoop der keien per 1000 voor den wal . .	f 250,— tot f 300,—
Lossen.	- 10,—
Vervoer langs den weg	- 3,—
Samen	f 263,— tot f 313,—

of per M² (40 stuks)	f 10,52 à f 12,52
kosten van straten per M² . .	- 0,40
samen per M² .	f 10,92 à f 12,92, gemiddeld f 12,—.

Kosten van een keiweg, breed 4 Meter per KM:

Graven van een kip, diep 0,40 M	f 700,—
Zandaanvulling, dik 0,25 M: 1000 M³ à f 3,—	- 3000,—
4000 M² bestrating à f 12,—	- 48 000,—
Dekzand.	- 150,—
Samen per KM .	f 51 850,—

Verhardingsmateriaal.

Grint: korrelgrootte van 1½—7 cM.

Prijs naar gelang van de ligging der plaatsen van herkomst.

Riviergrint is duurzamer en veelal harder dan z.g. berggrint. Prijs van riviergrint op niet te grooten afstand der rivieren gelegen van f 6,— tot f 10,— per M³.

Steenslag: van verschillende steensoorten; het duurzaamste is basalt- en quenastslag.

1 M³ steenslag bevat ongeveer ½ M³ steenmassa. Door het walsen wordt die hoeveelheid per M³ ongeveer gebracht op 0,70—0,75 M³, zoodat ongeveer ⅓ van den kub. inhoud van het steenmateriaal aan vulstof noodig blijft. Bij schralen ondergrond mogen daartoe leemachtige aardstoffen worden gebezigd, anders zijn de splinterige deelen te gebruiken, die bij kleinslaan der steenen als afval verkregen worden.

De prijs van basaltslag was vóór den oorlog per M³ franco op het werk geleverd ongeveer f 6,— à f 6,20 en voor alle plaatsen van ons land ongeveer dezelfde; heden is een prijs van ongeveer f 18,— te stellen.

Kloppuin: van baksteen niet zachter dan hardgrauw.

Een geoefend steenklopper klopt per dag van 8 werkuren:

van harden steen (basalt, enz.) . . .	0,6—1 M³
minder harden ,, ...	1,5—2 M³
klinkers en hardgrauw	2 —2,5 M³

Machines voor het vervaardigen en verwerken van verhardingsmateriaal.

Steenhamers.

Gewicht niet minder dan ½ KG en niet meer dan 2 KG. De kop is enkel of dubbel; steel van hout 0,80—1 M lang. Het beste hout daarvoor is het hout van de hulst. Het dikke eind van den steel moet in den hamerkop bevestigd zijn. IJzeren stelen hebben niet voldaan. De hamers zijn van gietstaal met afgeronde slagvlakken (fig. 2).

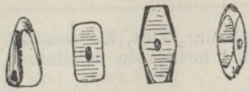


Fig. 2.

Steenbrekers.

De meeste steenbrekers zijn bekkenbrekers met een vermogen van 4 tot 40 M³ per uur en wisselende met de wijdte der bekken van 25 × 17 tot 100 × 23 cM bij een krachtsverbruik van 5 tot 50 PK.

Een goede steenbreker van 12 PK breekt per uur ongeveer 4 à 5 M³ ruwen steen naar gelang van de hardheid.

1 M³ gewassen rotssteen, waarvan gemiddeld 7 % grof, 29 % normaal, 35 % fijn steenslag en 29 % gruis verkregen wordt, levert totaal ongeveer 2 M³ steenslag, inclusief gruis.

In combinatie met een stoomwals, welke de noodige kracht leverde, waren in Northeim de kosten per M³ ruw materiaal van 1,76 Mk voor kalksteen tot 2,60 Mk voor gabbro, terwijl de kosten voor handslag respectievelijk bedroegen 1,30 tot 3,50 Mk. De gebezigde steenbreker was een patent steenbreker van de Fa. Max Friedrich & Co. te Leipzig-Plagwitz (fig. 3) van 12 PK, 240 imwentelingen per minuut en vermogen van 4—6 M³ per uur naar gelang van de hardheid.

De beide kaken *e* en *f* zijn van coquille hartguss, geribd en verwisselbaar, zoodat zij, wanneer het benedendeel is versleten, omgekeerd kunnen worden. De kaak *e* is, vast en maakt deel uit van het zware raam *i*; de kaak *f* maakt deel uit van den slinger *g*, waarin zij door middel van een wig met looddichting *o* is opgesloten. De beweging van den slinger ontstaat door het excentriek *c* en het excenter *h*, dat door middel van twee drukplaten *n* steeds door de veer *m* tegen den slinger *g* blijft aangedrukt. De drukplaten rusten in stalen pannen en hebben zoodanige afmetingen, dat ze bij overbelasting breken, zoodat de machine daarbij gespaard blijft. Met de schroeven *l* is door middel van een wig de afstand der beide kaken te regelen. Het te breken materiaal wordt dus in slagvorm gebroken, waarbij tevens een naar beneden schuiven plaatsvindt. *a* is het vliegwiel om de beweging te onderhouden en *b* het drijfwiel. De overbrenging der beweging op de kaak *f* geschiedt door middel van de tandraderen *j* en *k*.

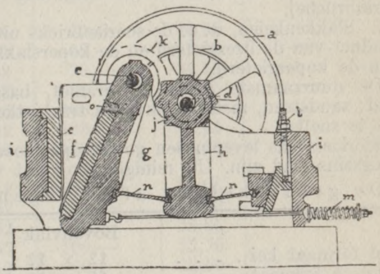


Fig. 3.
Patent steenbreker van de firma Max Friedrich & Co. te Leipzig-Plagwitz.

Onderstaande tabel geeft de afmetingen van Engelsche steenbrekers, door de firma Linde-Teves-Stokvis in den handel gebracht:

	Grootte der machine Eng. dm.	Capaciteit per uur ca.	Benoodigde PK	Afmetingen Riemschijf Eng. dm.	Totaal gewicht op voetstuk ca. KG
Deze maten geven de grootte der steenen aan, die verwerkt kunnen worden.	6 × 3	1 ton	2	12 × 3	800
	6 × 4	1½ ,,	2	12 × 3	1100
	8 × 6	2½ ,,	6	18 × 4	1600
	10 × 8	4 ,,	14	24 × 5	3550
	12 × 5	4 ,,	14	24 × 5	2250
	12 × 6	4¼ ,,	14	24 × 5	2350
	12 × 7	4½ ,,	16	24 × 5	2500
	12 × 8	5¼ ,,	16	24 × 5	4000
	12 × 9	5½ ,,	16	24 × 5	4100
	15 × 8	6¼ ,,	18	30 × 6	5200

De machines kunnen ook op wielen en verder met zeef-inrichting geleverd worden.

Te Semarang (Ned. Indië) was de capaciteit van een steenbreker (kakenbreker) gemiddeld 15 M³ bergsteen per dag, waarvan 18 M³ steenslag en gruis werden verkregen. De kosten voor het maken van 1 M³ steenslag bedroegen (1913) (ongerekend slijtage der machine) f 0,42.

Bestratingsmateriaal.

Keien.

Men onderscheidt:

a. granietkeien, w. o. die uit het Bayerische Wald, Nabburg, Flos, Zweden en Noorwegen (grijs en rood). Als overgangssoorten van graniet heeft men de dioriet en diabaas;

b. trachietkeien, w. o. Stenzelberger en Vogelkauler;

c. melafierkeien, van Lauterecken bij Trier en uit het Nahegebied (groeven te Kusel, Theisbergstegen en Rammelsbach);

d. porfierkeien, w. o. dioriet-porfier van Quenast (België) en van Lessines (België), welke laatste harder en eigenlijk kwartsporfier is, zooals de porfieren uit Beieren, de Rijnpfalz, het Odenwald en Thüringerwald;

e. basaltkeien, w. o. anamesietkeien (veldspaatbasalt) uit de omgeving van Frankfort a. Main;

f. basaltlavakeien, uit de groeven te Niedermendig, Mayen en Kottenheim bij Coblenz, en de omstreken van Andernach;

g. zandsteenkeien, in het algemeen als grèskei aangeduid uit de groeven van Fauconval (uitgeput), Ben-Ahin (reeds uitgeput) Ath, langs Ourthe en Maas, alle in België. Tot de zandsteenkeien behoort ook de kolenzandsteenkei (Flötzleeren Sandstein) uit de omgeving van Düsseldorf, (o.a. Hattingen bij Essen).

h. Grauwackenkeien uit de omgeving van Kalk bij Keulen (Gummersbacher Steinbrüche).

i. Slakkenkeien, w. o. de scoriaebricks uit Red-Car in Yorkshire, zijnde een nevenproduct van de ijzergieterij en de koperslakkei uit Mansfeld, zijnde een nevenproduct van de kopergieterij.

De duurzaamste keien nl. graniet, basalt, dioriet en porfier worden spoedig glad; zandsteen, melafier, lava en trachietkeien zijn stroever, maar breken en slijten des te sneller.

Scoriaebricks leveren een goedkoope, goed harde en vlakke bestrating, hoewel ze eenigszins glad zijn. Uit reinigingsoogpunt voldoen ze wel.

De gebruikelijke afmetingen der keisoorten zijn:

	Bovenvlak	Ondervlak	Hoogte
Oud formaat kei	12 × 12	10 × 10	11 à 13 cM
Belgisch formaat	10 × 16	8 × 14	12 à 14 ,,
Duitsch formaat	12 × 18	10 × 16	12 à 14 ,,
Normaal Holl. formaat .	13 × 20	11 × 18	12 à 14 ,,
Duitsch granietformaat .	13 × 20	11 × 18	20
Scoriaebrick	9 × 23	9 × 23	10,4
	9 × 20	9 × 20	12,5

De keien zijn vlak bewerkt (retaillé) of demi-retaillé.

Volgens aanbestedingen der laatste jaren vóór den oorlog bedroeg de leveringsprijs te Amsterdam van 1 M² wegoppervlak: (bij levering van minstens 10 000 M²):

1 M² granietkeien	. . . . .	f 4,50	tot f 4,60
1 ,, grès ,,	. . . . . .	- 4,20	,, - 4,40
1 ,, melafier ,,	. . . . . .	- 3,80	,, - 4,20
1 ,, grauwackenkeien	. . . .	- 4,10	,, - 4,30
1 ,, basaltlava ,,	. . .	- 2,80	,, - 3,—

Te Nijmegen bedroeg de levering per 1000 stuks (1912), afmetingen op den kop 14/16 cM, hoog 15 cM:

Grauwackenkeien (Andernach)	f 90,—	tot f 95,—
Niedermendiger basaltlavakeien . . .	- 66,—	,, - 70,—

Te 's-Gravenhage waren de prijzen (1907):

Quenastkeien	13/20 cM . . .	f 145,—	tot f 150,—	per 1000 stuks
(Noorsche) Granietkeien	10/20 ,, ...	- 145,—	,, - 146,—	,, 1000 ,,
Luiksche of Ourthekeien	13/20 ,, ...	- 95,—	,, -	,, 1000 ,,
Lavakeien	10/16 ,, ...	- 74,—	,, - 75,—	,, 1000 ,,

Afmetingen en prijzen van keien (1910): (Uit ,,Straatbouw" van H. A. Muus).

BENAMING	Kop-afmeting cM	Aantal per 10 M²	Prijs te Rotterdam franco op den wal per 1000 st.	per 10 M²	Opmerkingen
Anamesietkei . . .	13×20	343	f 120,—	f 41,15	
Asphaltkei	10×23	409	130,—	53,15	
Athkei (soort Grès) .	10×16				
Basaltkei	12×14	565	—	—	
	en 14×16	410	100,—	41,—	
Basaltlavakei . . . . (hoogte 16 cM)	13×20	352	131,—	46,10	
Ben-Ahinkei *	10×16	511	60,—	30,65	* De groeven zijn uitgeput.
Bentheimerkei	14×16	418	—	—	
	en 13×20	—	120,—		
Diabaaskei	13×20	364	120,—	43,70	
Fauconvalkei	12×14	534	90,—	48,06	
	en 14×16	404	100,—	40,40	
Fransche Grèskei† . .	10×16	—	65,—	—	† Worden niet meer geleverd.
	en 13×20	323	110,—	35,55	
Granietkei. . . . . . (hoogte 14—17 cM)	13×20	348	170,—	59,15	
Grauwackenkei . . . (hoogte 16—17 cM)	13×20	347	128,50	44,60	
Belgische Grèskei . .	10×16	514	60,—	30,85	
,, . .	12×12	661	60,—	39,65	
,, . .	12×14	488	70,—	34,15	
,, . .	10×24	357	90,—	32,15	
,, . .	13×20	356	105,—	37,40	
Kolenzandsteenkei . .	13×20	362	125,—	45,25	
Koperslakkei . . . . (hoogte 17 cM)	16×16	359	174,50	62,65	
,, . .	16×24	242	256,50	62,05	
,, . .	30×30	97	540,—	52,40	
Lavakei	16×16	362	80,—	28,95	
,, ...	13×20	357	100,—	35,70	
Melaphierkei. . . . . (hoogte 17—18 cM)	10×16	540	60,—	32,40	
Melaphierkei. . . . . (hoogte 17—18 cM)	13×20	364	115,80	42,15	
Melaphier-dioriet . .	13×20	349	140,—	48,85	
Porphierkei (Fransche)	13×20	351	145,—	50,90	
Porphieriet	13×20	338	121,50	41,05	
Porphier-dioriet . . .	13×20	356	141,—	50,20	
Porphier van Quenast	10×16	485	100,—	48,50	
,, ,, ,,	10-11×20	442	} 112,30	47,95	
,, ,, ,,	11-12×20	412			
,, ,, ,,	10×25	337	150,—	50,55	
,, ,, ,,	12×14	498	100,—	49,80	
,, ,, ,,	14×16	420	120,—	50,40	
,, ,, ,,	16×18	360	140,—	50,40	
,, ,, ,,	13×20*	339	158,—	53,55	*het meest in Rotterdam gebezigd.
Scoriaebricks (hoog 10 cM)	9×23	458	75,—	34,35	
,, 10 ,,	10×20	528	53,—	28,—	
,, 13 ,,	10×20	509	75,—	38,20	
,, 15 ,,	13×20	—	145,—	—	
IJzerslakkei	16×16	369	104,35	38,50	
Zweedsche kunstkei . (Haegogatsten)	11½×20½	467	100,—	46,70	

Klinkers.

Voor bestrating bezigt men min of meer getrokken (bovenvoetsche) klinkers, veelal waalvorm (groenachtig blauw, blauw of grijs) en ook Rijnvorm.

De Utrechtsche drieling is een goede trottoirsteen, maar de laatste jaren voortdurend in prijs gestegen. IJselsteen is te klein van formaat en slijt ongelijk.

De klinkers moeten niet verglaasd, maar inwendig goed hard gebakken en niet gebrand zijn. De groenachtig gekleurde zijn beter dan de harde blauwe.

Per M² oppervlak zijn noodig 85—95 steenen waalvorm, ± 120 steenen rijnvorm en 123 steenen Utr. drielingvorm. Het gewicht van 100 stuks waalklinkers bedraagt 180 tot 215 KG.

De zoogenaamde „dubbele waalklinkers" zijn als bestrating veel duurder en min of meer bros, daar zij niet genoeg doorbakken zijn.

Men treft vooral bij waalsteen meest verschillende kwaliteiten, wat betreft formaat, kleur, hardheid en taaiheid. Goede taaie klinkers vindt men er procentsgewijze weinig onder.

De prijzen van waalklinkers (zie ook blz. 535) varieeren tusschen f 39,— à f 42,— de 1000 stuks aan de fabriek. Volgens aanbestedingen der laatste jaren vóór den oorlog bedroeg de leveringsprijs:

te Amsterdam voor 1 M² wegoppervlak bij minstens 50 000 M² f 1,20 à f 1,40;
te Rotterdam (franco op den wal) per 1000 stuks f 15,75 of per M² f 1,35.
te Nijmegen per 1000 stuks f 16,— à f 16,50.

Utrechtsche drielingen kostten per 1000 stuks franco op den wal f 14,75 à f 15,— of per M² f 1,81 à f 1,83.

Houtbestrating (Zie ook blz. 1105).

Tegenwoordig, zooals in Londen, gebruikt men veelal houtblokjes van het harde yarrah, in Parijs wordt meer een soort grenenhout, (pin des Landes), geprepareerd met carbolineum of creosootolie gebezigd. Verder komen in aanmerking tallowwood, karri, inlandsch beuken, enz. Zacht hout kan worden gebezigd voor niet druk verkeer, maar moet goed doordrongen zijn van creosoot. Bij gelijke omstandigheden is de duur van een zachthoutbestrating ongeveer de helft tot een derde van dien van een hardhoutbestrating; veelal 8—9 jaar voor zacht hout tegen 8—15 jaar voor hardhout. Benoodigde dikte van de betononderlaag 15—25 cM.

Prijs der houtbestrating (zonder de betonlaag) in Londen vóór den oorlog f 5,— à f 5,50 per M² voor zacht hout en f 11,— à f 12,— voor yarrahhout.

Kosten der yarrahblokjes vóór den oorlog per M³ f 70.

Asphaltbestrating.

Dit plaveisel bestaat uit giet-, stamp- of tegelasphalt op betononderlaag. Verder kan men het asphalt met basaltslag mengen.

Gietasphalt is opnieuw gesmolten asphaltmastiek, dat een mengsel is van asphaltkalksteenpoeder en asphaltbitume, veelal Trinidad- of Selenitza-asphalt. Stampasphalt wordt verkregen door verhitting en persing van asphaltkalksteenpoeder.

Tegelasphalt zijn de tot tegels samengeperste poedervormige asphaltgesteenten soms met bindende stoffen vermengd.

Het Amerikaansche Sheet- of Barberasphalt is een mengsel van 12—15 % geprepareerde Trinidadasphalt, 83—70 % zand en 5—15 % kalksteenpoeder en wordt eveneens met voordeel voor plaveisel gebezigd.

Trottoirklinkers moeten zijn een weinig vlakker en minder getrokken dan de straatklinkers. Per M² gaan 85 tot 92 stuks waalvorm. Het gewicht van 100 stuks waalvorm bedraagt 175 tot 210 KG.

Trottoirbanden.

Klinkerkopbanden. Klinkerkopbanden met strekschе laag en gootbevloering van 5 klinkerbreedten op den kop, eischen per Meter lengte 50 stuks klinkers. Met het leggen kostte vóór den oorlog 1 M trottoirband van klinkers f 0,70, nu ongeveer f 2.70.

Trottoirbanden van cementsteen kunnen met versterkingen van de kanten door middel van L of ⊥ ijzer doelmatig worden vervaardigd in specie van 1 PC 5 grintzand met bovenlaag van 1 PC, 3 fijn steenslag. Prijs vóór den oorlog 4 à 4.50 gld. per Meter.

Trottoirbanden van natuursteen.

De trottoirbanden heeft men in verschillende profielen. Gemiddeld is de breedte 15 cM en de hoogte 30 cM. Per Meter lengte was vóór den oorlog de inkoopsprijs van een trottoirband van hardsteen f 2,10 à f 2,50, van Niedermendiger steen f 2,50 à f 2,70, en van graniet f 2,25 à f 2,70.

Trottoirbestratingsmateriaal.

Benaming	Afmetingen in cM	Aantal per 10 M²	Prijs franco op den wal te Rotterdam 1912		
			per 1000 st.	per 10 M²	
Asphalttegels . .	25×25, dik 2,5	158	f 168,75	f 26,65	
Basaltineplaten .	61×91 ,, 5,5	17,8	1265,—	f 22,50	
,, tegels .	30×30 ,, 5	109	—	16,25*	* te Amsterdam
Gele tegels . . .	16×16 ,,	390	59,—	23,—	(1907) f18 à f18,50
Glastegels . . .	20×20 ,,	248	—	—	
Quenasttegels. .	30×30 ,, 5-4,5	110	147,75	15,40	
,, . .	50×50 ,, 5	—	—	17,25	
Grèstegels . . .	30×30 ,,	109	—	12,50	
Porphiertegels .	30×30 ,,	109	—	17,—	
Kwartstegels . .	30×30 ,,	109	—	16,—	*te 's-Gravenhage
Iron-bricks . . .	15×30 ,,	220	80—82*	—	1907.

Het walsen van verhardingen van wegen.

Het walsen kan geschieden met paarden- of stoomwalsen.

Soms wordt de paardenwals vooral in ons land, om verschillende redenen verkozen boven de stoomwals, niettegenstaande de nadeelen als daar zijn:

1. de mest der paarden blijft op den weg gedurende het walsen.
2. de meerdere besproeiingskosten bij ongunstige omstandigheden.
3. het afbeulen der paarden bij den aanvang eener deklaagbewalsing.
4. eenige meerdere hinder voor het gewoon verkeer.
5. het weder losslaan van den pasgelegden weg.

De stoomwals heeft daartegenover de volgende bezwaren:

1. het groote niet altijd te veranderen gewicht met het daaraan verbonden nadeel bij bewalsing van verschillend materiaal
2. het gevaar bij rijden over dijken, bruggen, enz.
3. de onzekerheid van den walsarbeid (gerekend over een vol jaar) wegens onvoorziene uitgaven.
4. de groote installatiekosten van een stoombewalsing en de hooge prijs van aanschaffing.
5. het geruimen tijd voor den aanvang van het werk gereedmaken, waardoor niet steeds voordeel van gunstige weersgesteldheid kan worden getrokken.
6. het bewaken bij nacht en de meerdere bediening.

In N. Brabant zijn de k o s t e n per M³ van met paardenwalsen ingewalst materiaal over het algemeen genomen veel lager dan de stoomwalskosten in andere streken van ons land en in het buitenland. Bij hellende wegen of waar snel werken verboden is, zijn de stoomwalsen te verkiezen. Een voordeel is ook het eenvoudiger besturen.

Bij paardewalsen neme men liever niet minder dan 300—400 M tegelijk onderhanden; bij stoomwalsen gewoonlijk vakken van 80—100 Meter tegelijk.

Volgens proeven te Wiesbaden werkt de stoomwals het voordeeligst bij deklagen van omstreeks 8 cM, daar dikkere lagen een ongeëvenredigd grooter aantal ritten noodzakelijk maakten. Zoo had men b.v. voor 30 mM (bij snelheid van 0,50 M per sec.) 33 ritten noodig, bij 80 mM 68 ritten, bij 115 mM 143 ritten.

Paardenwalsen.

Het gewicht van een onbelaste paardenwals ligt tusschen 3 en 5 ton; dat van bezwaarde walsen tusschen 6 en 8 ton. Bij hooger gewicht zou het benoodigde aantal paarden te groot worden. Bij eenigermate vastgewalste baan is voor elke 2 ton walsgewicht één paard te rekenen. De gemiddelde maten van een paardenwals zijn 1,20—

1,80 M uitwendige middellijn, 1,10—1,30 M breedte en 5—7,5 cM wanddikte. De wals dient met een snelheid van 0,50 —0,70 M per sec. te worden voortbewogen. De k o s t e n van aanschaffing bedroegen f 900,—f 1200,— en de prijs van een paardenwals 7 à 8000 KG zwaar, met 2 waterreservoirs, 2 slikkrabbers en automatischen teller ± f 1000,—.

Stoomwalsen.

Stoomwalsen bouwt men van 5000 tot 30 000 KG toe; het meest gebruikelijk zijn die van 8 à 10 000 KG. De k o s t e n van aanschaffing bedroegen ten ruwste f 600,— per ton dienstgewicht. De rente en afschrijving is niet gering en op 8 à 10 % te stellen. Men onderscheidt het Fransche en Engelsche type, het eerste heeft 2 cilinders van dezelfde breedte, welke in elkanders spoor rijden, het Engelsche heeft twee achterwielen, welke over ongeveer 10 cM elk, het spoor van de vóór- of stuurwals dekken (fig. 4). De walsen van Ruston Proctor & Co. te Lincoln kunnen walsende hellingen nemen van 12 % en zonder te walsen van 14 %. De capaciteit bedraagt 500 tot 1600 M². wegoppervlak per dag van 10 uren.

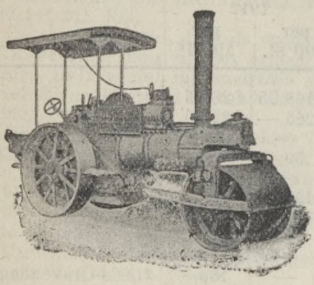


Fig. 4.

Het kolenverbruik varieert van 300—500 KG per werkdag van 10 uren. De huurprijs der stoomwalsen in ons land bedroeg f 2,50 per uur bij minstens 200 werkuren. Per dag kunnen dan 40 M³ vulmateriaal behandeld worden, bij stortlagen van 10 cM dikte.

De specifieke druk d.i. de druk in KG per cM walsbreedte der werkwalsen bedraagt bij verschillende typen 65—125 KG en het machinevermogen 10—30 PK Afmetingen der wegwalsen van de Ruston-Proctor Co. te Lincoln (Engeland)volgens opgave van de firma Linde Teves-Stokvis (1918):

Twee-cylinder (compound) Wegwalsen.

Gewicht: leeg . . . . TON	8	10	12½	15
,, : gereed om te werken . . . ,,	9¼	12½	13¾	16½
Diameter der achterwalsen	5′ 0″	5′ 6″	5′ 7″	6′ 0″
Breedte ,, ,, ...	1′ 3″	1′ 4″	1′ 4″	1′ 8″
Diameter der voorwalsen	3′ 6″	3′ 10″	3′ 10″	4′ 6″
Breedte ,, ,, ...	3′ 6″	4′ 4″	4′ 4″	4′ 4″
Breedte van de wegwals ca.	5′ 9″	6′ 6″	6′ 6″	7′ 3″
M² Verwarmend oppervlak ongeveer	6	7	8	11
Brandstofverbruik (winddroog hout van ± 3000 cal.) per 10 uur	700	900	1000	1200
Werkdruk	12 Atm.			

Eén-cylinder Wegwalsen.

Gewicht leeg . . . . TON	5	6	8	10	12½	15
,, : gereed om te werken . ,,	6	7	9	12¼	13½	16¼
Diameter der achterwalsen	4′ 8″	4′ 8″	5′ 0″	5′ 6″	5′ 7″	6′ 0″
Breedte ,, ,, ...	1′ 2″	1′ 2″	1′ 3″	1′ 4″	1′ 4″	1′ 8″
Diameter der voorwalsen	3′ 4″	3′ 4″	3′ 6″	3′ 10″	3′ 10″	4′ 6″
Breedte ,, ,, ...	3′ 1″	3′ 1″	3′ 6″	4′ 4″	4′ 4″	4′ 4″
Breedte van de wegwals ca.	5′ 3″	5′ 3″	5′ 9″	6′ 6″	6′ 6″	7′ 3″
M² Verwarmend oppervlak ongeveer .	4	5	6	7	8	11
Brandstofverbruik (winddroog hout van ± 3000 cal.) per 10 uur	500	650	800	1000	1100	1500
Werkdruk	9 Atm.					

Kosten van walsen.

Volgens talrijke ervaringen in Wurtemberg, bedroegen de totaalkosten van het walsen, inbegrepen alle daartoe behoorende kosten, ook voor het handlangerswerk:

Voor 1 M^3 harde steenslag: bij de paardenwals f 1,80; bij de stoomwals f 1,68, dus 7 % minder. Voor 1 M^3 zachte steenslag: bij de paardenwals f 1,13; bij de stoomwals f 1,17, dus 3 % meer. Indien eenige overeenkomstige trajecten in onderling verband beschouwd worden, dan vond men, dat de uitlevering (rendement) van de stoomwals, bij harden steenslag 21 %, bij zachten steenslag 41 % grooter is dan bij paardenwalsen — dat de kosten voor 1 M^3 vastgewalst materiaal bij harden steenslag 36 % en bij zachten steenslag 31 % lager zijn dan bij paardenwalsen.

Bedrijfskosten per uur voor een paardenwals zullen heden bedragen:

1 man voor besturen, 1 man voor nathouden en 1 man voor gelijkmaken der sporen à f 0,60	f 1,80
4 paarden met inbegrip van de voerlui à f 1,30	- 5,20
samen	f 7,—

Bedrijfskosten per dag voor een stoomwals:

loon machinist	f 7,—
,, stoker	- 5,—
brandstof, olie, enz.	- 40,—
Samen.	f 52,—

In de verschillende bestekken voor het onderhoud van Rijkswegen, vond men vóór den oorlog de volgende eenheidsprijzen:

1 uur werkens van een paardenwals bespannen met 5 paarden en bediening	f 3,00—f 3,20
1 uur werkens van een stoomwals met bediening, dienstgewicht minstens 10 ton, zonder en met inbegrip van het vervoer naar het werk	- 3,00—f 3,80
1 uur werkens van een sproeiwagen met vulinrichting en bespanning, zonder water, met inbegrip van het vervoer naar het werk. .	- 0,90—f 1,10

Beplantingen.

Litteratuur.

R. Meelker. Wegbeplanting. Tijdschrift Nederlandsche Heidemaatschappij 1914, blz. 406 en 1915, blz. 15.
id. Rietcultuur. Tijdschrift Ned. Heide Mij. 1914, blz. 43.
J. K. Dominicus. Straatbeplanting. De Ingenieur, blz. 246.
D. E. Wentink. De bouwverordening en het woningvraagstuk, geïll. 1916. Oosthoek, Utrecht.

Boombeplanting van wegen en straten.

Beplanting van wegen.

Nederland.

In ons land gebruikt men voor boombeplanting veelal iepen, populieren, linden, eiken, beuken, kastanjes, esschen en berken,

Bij de keuze van de boomsoorten moet rekening gehouden worden met de ligging en den bodem van den weg. De aan de zuidzijde van wegen staande boomen nemen veel zon en lucht weg, hetgeen voor de afwatering nadeelig kan zijn. Waar veel wind is kunnen populier (Populus nigra canadensis, P. monilifera), esch (Fraxinus excelsior), en eik (Quercus pedunculata en Q. rubra of Amerikaansche eik) met voordeel worden geplant. In zeer laag boven het grondwater liggende gronden zijn linden (Tilia grandifolia) en eiken wegens hun diepe wortels niet op hun plaats. Dan komen in aanmerking wilg (Salix alba), wilde kastanje, ahorn of eschdoorn, en zwarte populier (Populus nigra). In klei- en zavelgronden kieze men den witten populier, of abeel, esch, iep (Ulmus campestris), linde (Tilia grandifolia), beuk (Fagus sylvatica) eik en grijswitten els. De drie laatste echter niet op te zwaren kleigrond.

Op steen- en kalkachtige gronden de haagbeuk en berk (Betula verrucosa, B. pubescens), op dorre zandgronden alleen berk en dennen (grove den of Pinus sylvestris en fijne spar of Picea excelsa). Vruchtboomen maken te groote kruin en vormen te laag

hangende takken om bij smalle wegen in aanmerking te komen. Verder heeft men nog den minder gebruikelijken Duiniep (Ulmus campestris monumentalis). Acacia (Robinia pseudo acacia), Eschdoorn (Acer pseudoplatanus, A. platanoides, A. saccharinium, Platanus occidentalis, P.orientalis).

Nieuwe aanplant kan volgens de A. V. geschieden, wanneer vroeg invallende of lang aanhoudende vorst dit niet verhindert:

met loofhout	tusschen	1 November en 10 December,
of	,,	15 Februari en 10 April,
met naaldhout	,,	15 October en 10 December,
of	,,	15 Maart en 30 April.

Het rooien van heesters en stammen mag evenmin in den tijd tusschen 10 December en 10 Februari, noch bij vorst geschieden.

Afstand der boombeplanting 5—10 Meter, liefst 8 Meter of meer van elkaar in elke rij voor de oudere boomen; jonge boomen minder. De beplanting geschiedt in kuilen, liefst sleuven van 1—3 M breedte, naar gelang van de hoedanigheid van den grond en van 0,70—1½ M diepte.

De aanvulling der kuilen geschiedt met middelmatigen grond tot aan de plaats der wortels, met den besten grond om de wortels en met den minsten grond daarboven.

De eiken, iepen en beukenboomheesters neemt men veelal 14—16 cM dik ter hoogte van 1,25 M boven den beganen grond.

De bermbeplanting geschiedt in lage gronden met wilgen- en elzenstekken, dik 3 à 5 cM, lang 0,75 M op afstanden van 0,50 M; in hooge gronden met eiken stekken.

De boomstammen moeten zijn recht, zonder uitgeslagen top; de wortels met zorg uitgegraven en bij afsnijden een witte kleur vertoonen. De boomen moeten door krachtige loten blijk geven van een sterke groeikracht. De tijd tusschen rooien met uitnemen en planten moet zoo kort mogelijk zijn en de wortels bij vervoer worden ingepakt, vooral bij vorst.

De hakhoutheesters neemt men veelal van 1—1,50 M lengte van stevig en krachtig plantsoen van minstens 3-jarig gewas, niet dunner dan 3,5 cM omtrek op 0,10 M boven het worteleinde. De heesters bestaan meerendeels uit elzen, esschen, acacia, eschdoorn, meidoorn- en hazelaarpoten.

Bij denbeplanting moeten fijne dennen (Picea excelsa) een hoogte hebben van 0,80 à 1 M en mogen grove dennen (Pinus sylvestris) niet ouder zijn dan 3 jaren bij een hoogte van minstens 0,20 M.

Ned.-Idië.

In Indië komen voor wegbeplanting de volgende boomen in aanmerking:

De *djohar*, welke overal groeit, maar veelal niet mooi is; hij verdraagt evenwel mishandelingen, zooals onoordeelkundig snoeien. De wortels der boomen dringen tot op 18 Meter en verder van den stam door en hebben daardoor een nadeeligen invloed op andere cultuurgewassen. Evenals bij de *klampis* blijft de grond, waarop zij staan, nog lang onvruchtbaar.

De *tamarinde* groeit minder goed in hooggelegen streken; de boom is meer aan warme, ietwat droge kuststreken gebonden.

De *kanari* is een geschikte laanboom; hij verdraagt wat meer vocht en koelte, maar gedijt ook op kustplaatsen.

De *regenboom* of „*Pithecolobium saman*" groeit overal, zelfs op meer dan 4000 voet hoogte. Als hij jong is, moet hij oordeelkundig worden opgesnoeid, anders wordt de vertakking te laag. In droge streken, vooral in Midden-Java, groeit hij iets minder wild. Men moet de boomen op grooten afstand van elkaar plaatsen, waarvoor 10 Meter een goede maat is.

De *damar* is zeer geschikt voor de bovenlanden bij smalle wegen. Zij hebben in hun jeugd wat zorg noodig, vooral tegen geiten, welke gaarne de jonge bladen eten.

De *tjemara* (casuarina) is ook geschikt voor wegen, de meest voorkomende is de tjemara laut (Casuarina equisetifolia) Een der mooiste is de Casuarina sumatrana, afkomstig van de Padangsche bovenlanden, met een heldere frischgroene kleur.

Onder de *heesters*, is te noemen de Bixa orellana (Mal. Kassoembo Kling, Jav. Gloegeh), die in Indië (Java) op drassige zeekustgronden goed gedijt en tot 2 M hoogte een dichten pagger vormt.

Prijzen van boomen en heesters. (1914).

Stamomtrek op 1 Meter van den grond.	10-12	12-15	15-18	18-20	20-25	25-30 cM
Iepen (Ulmus campestris, latifolia, hollanlandica	0,60	0,85	1,30	1,80	2,75	6 Guld.
Populieren (Populus canadensis)	0,50	0,65	0,80			,,
Kastanje (Aesculus Hippocastanum) . . .			1,30	1,75		,,
Lindeboomen (Tilia platiphyllos, hollandica)	0,90	1,30	1,75	2,25	3,50	,,
Krimlinden (Tilia euchlora, dasystylla) . .	0,90	1,30	1,75	2,25	3,50	,,
Platanen (Platanus occidentalis)	0,90	1,40	2,25			,,
Beuken (Fagus sylvatica).	0,75	1,00				,,
Bruine beuken (Fagus sylvatica nigra major)	2,50	3,75	5,25	7,50	12,50	,,
Esschen (Fraxinus excelsior).	0,60	0,90	1,25			,,
Eiken (Quercus pedunculata, robur) . . .	0,65	0,80				,,
Amerik. eiken (Quercus rubra)	1,25	1,75				,,

P r ij z e n van struikheesters ¾—1 ½ M hoog per 10 stuks f 3,—

Idem van coniferen hoog	50—60 cM	per 100 stuks	f	30,—
,, ,, ,, ,,	60—75 ,,	,, 100 ,,	-	42,50
,, ,, ,, ,,	75—100 ,,	,, 100 ,,	-	60,—
,, ,, ,, ,,	100—125 ,,	,, 100 ,,	-	80,—
,, ,, ,, ,,	125—150 ,,	,, 100 ,,	-	110,—
,, ,, ,, ,,	150—180 ,,	,, 100 ,,	-	150,—

E e n h e i d s p r ij z e n vóór den oorlog volgens verschillende bestekken:

Onderhoud Rijkswegen Overijsel:

1 eiken, Amerik. eiken, beuken, iepen of linden heester leveren en planten met steunpaal en rottanband . . . . f 1,60

Onderhoud Merwedekanaal:

1 M ligustrumhaag van 15 stek per M . . . . - 0,36

idem met latwerk . . . . - 1,10

1 iepen, beuken of eiken heester met inplanten en bijlevering van 0,50 M³ zwarte aarde . . . . - 3,50

1 linden heester idem, idem . . . . - 2,80

100 stuks groene waterwilgen stekken lang 1 M, dik 2 cM met inplanten - 1,30

Onderhoud Rijksweg Best-Eindhoven-grens:

leveren en planten van 1 Amerik. eiken heester met graven van het pootgat f 0,62

De beplanting was voorgeschreven als volgt:

,,De berm over de geheele te beplanten lengte ter breedte van 2,50 M om te delven. Op onderlinge afstanden van 6 M midden op midden boomkuilen te maken, diep 0,60 M en in den bodem wijd 1 M in middellijn. De grond daaruit herkomstig, moet na met kunstmest, bestaande voor elken boom uit 3 KG Thomasphosphaat en $1/_5$ KG patent kalimagnesia te zijn vermengd, op den berm van den weg aan hoopen worden gezet. De heesters moeten minstens 3,50 M en hoogstens 4,50 lang zijn, voorzien van een rechtopgaanden ongespleten top ter lengte van 0,30 M. De dichtgevulde voet zoodanig, dat een gerooide heester zelfstandig op de wortels kan staan (voet minstens 50 cM middellijn). Alle wortels loodrecht op den stam; wortels in de richting van den stam (zoogen. pinnen) worden niet toegelaten. Onmiddellijk na de rooiing worden de wortels geheel met stroo of baallinnen omwonden. Tijdruimte tusschen rooiing en planting in geen geval langer dan 3 × 24 uren. Bij aankomst op het werk worden de wortels onmiddellijk met aarde bedekt; de omhulsels eerst bij het planten los te maken."

P r ij z e n van veerheesters, bosch- en haagplantsoen (1914):

abeelen, (Populus alba nivea) . .	per 100 stuks	f 10,—	f 15,—
acacia's (Robinia pseudoacacia) . .	,, 100 ,,	- 6,—	- 12,50
berken (Betula alba)	,, 100 ,,	- 3,—	- 4,—
beuken (Fagus sylvatica)	,, 100 ,,	- 7,50	- 15,—
doorn (Crataegus oxyac.)	,, 100 ,,	- 0,75	- 5,—
eiken (Quercus pedunculata) . . .	,, 100 ,,	- 3,50	- 5,—
elzen (Alnus glutinosa)	,, 100 ,,	- 2,—	tot f 4,—
eschdoorn (Acer pseudoplatanus) .	,, 100 ,,	- 4,—	,, - 10,—
esschen (Fraxinus excelsior)	,, 100 ,,	- 2,50	,, - 6,—

haagbeuk (Carpinus betulus)	per 100 stuks	f 10,—	tot - 20,—
iepen (Ulmus camp. latifolia)	,, 100 ,,	- 10,—	,, - 20,—
ligustrum (Ligustrum vulgare) . . .	,, 100 ,,	- 2,—	,, - 3,—
Spaansche aak (Acer campestre) . .	,, 100 ,,	- 12,50	,, - 20,—

Boombeplanting van straten.

Boombeplanting is te verkiezen in straten van meer dan 25 Meter breedte met een minimum afstand tot de gevels van 5,5 Meter. De afstand tot de trottoirbanden moet 0,6—1,00 M bedragen en de onderlinge afstand 7—8 Meter. Voor toevoer van lucht en water late men een ring van 1—1,50 M onbestraat.

Boombeschermers

van metaalgaas, zwaar soort, met maaswijdte van 20 mM en strooken van 5 mM breedte en 1½ mM dikte:

hoogte in mM:	1500	1700	1800
middellijn in mM:	250	300	400
gewicht p. stuk in KG	6,25	8,50	12,—
zwart verlakt	f 3,10	4,—	5,30
gegalvaniseerd prijs p. st. (1912)	- 4,—	5,25	7,30

Lichtere soorten f 0,40—f 0,80 per stuk minder; die met ijzeren onderstel f 2,50 à f 3,— meer. Idem met versterkingsringen f 1,— à f 1,50 meer.

Bezoding.

De zoden worden ter grootte van 25 à 40 cM in het vierkant gelegd in geregelde rijen en in verband goed aangeplakt en met kruimelaarde bedekt. Bestaat de ondergrond uit zand of puin, dan moet deze eerst met een laag zwarte aarde worden bedekt.

Voor het bevestigen of beschutten van taluds maakt men gebruik van stapelzoden, welke op elkaar worden gestapeld volgens het beloop en van achteren met klei worden aangevuld.

Bezoding met plakzoden per 100 M²:

steken en opstapelen 7 uren van een arbeider à f 0,60 .	f 4,20
laden op middelen van vervoer 4 uren	- 2,40
vervoeren over 100 M lengte	- 1,50
zetten, plakken en met kruimelaarde bedekken 10 uren	- 6,—
Samen .	f 14,10

Met aankoop van zoden naar gelang van plaatselijke omstandigheden ongeveer f 4,— meer.

Beplanting van taluds.

Behalve door middel van plak- of blokzoden kunnen de taluds worden bezaaid, maar wordt hiervoor, daar eenige centimeters losse grond benoodigd is, iets flauwere helling vereischt dan het natuurlijke talud. Men kan er ook struiken als acacia-soorten, doorn- en bremstruiken, ook haver tusschen planten, welke de kleine plantjes beschutten. Voor teelaarde mag de helling niet steiler zijn dan 1¼ op 1.

Op steile hellingen is alleen struikgewas te bezigen, waarvoor afzonderlijk kuilen moeten worden gegraven.

In Indië (Java) bezigt men voor bekleeding van taluds ,,roempoet grienting" welke een aaneengesloten bedekking vormt; ,,Isir" een grassoort met lange lintvormige bladeren in struikvorm. Ook wordt gebezigd ,,glaga" (Saccharum spontaneum), een rietsoort, welke ook voor bleeslagen en beslagwerk kan worden gebezigd. Ook ,,Alang alang" (Imperata arundinacea) is bruikbaar, waar geen bouwland in de nabijheid is, daar het zich snel verspreidt en bijna onuitroeibaar is. Verder vindt men onder de gebezigde heesters de ,,tjankring" (Erythrina fusca) een soort dadap, bamboesoorten, enz.

Voor bezaaiing van taluds kan ook dienen rupsklaver (Medicago), dat goed tegen regen en vorst bestand is, duizendknoop (Poligonum vulgare) en hondsgras (Cynodon dactylon).

Het zaaien geschiedt in ons land het best bij nat weder in het voor- en najaar, liefst in het voorjaar. Bezaaiing in den zomer geeft in den regel minder goede resultaten.

Bezaaiing.

Voor het bezaaien koopt men zaad van een betrekkelijk groot aantal (ongeveer 10)

grassen en klavers. Voor blijvend grasland kan men de volgende soorten nemen (prijzen 1912):

1. Alopecurus pratensis (Beemdvossestaart) .		
2. Arrhenatherum elatius (Fransch raaigras) .		
3. Avena flavescens (Goudhaver)		
4. Cynosurus cristatus (Kamgras)		
5. Dactylis glomerata (Kropaar) .	per KG	f 0,70
6. Festuca pratensis (Beemdlangbloem) . . .		-
7. Lolium perenne (Engelsch raaigras)	per KG	- 0,40
8. Phleum pratense (Timothee) . . .	,, ,,	- 0,35
9. Poa pratensis (Veldbeemgras) . .	,, ,,	-
10. Poa trivialis (Ruw beemdgras)		-
11. Trifolium pratense (Roode klaver)	per KG	- 0,80
12. Trifolium repens (Witte klaver) .	,, ,,	- 1,—
13. Trifolium hybridum		-

Naar gelang van de gesteldheid van den grond en de bestemming, worden de soorten en de hoeveelheden bepaald. Voor tijdelijk grasland neme men gras- en klaversoorten van korten levensduur; voor blijvend land soorten, die na 2 of 3 jaren tot volle ontwikkeling komen.

Per HA wordt ongeveer 40—50 KG zaad uitgezaaid, waarvan 20—30 % klaverzaad. De prijs van 1 KG graszaad is ongeveer f 0,60 à 0,80.

Behalve de bovengenoemde, vindt men in den handel nog de volgende soorten (prijzen 1912):

Westerwoldsche graszaad	prijs per KG	f 0,46
Italiaansch raaigras	,, ,, ,,	- 0,40
Honiggras		
Zwenkgras		
Schapengras		
Reukgras		
Brabantsche klaver, rood		- 0,80
,, ,, wit		- 1,—
Roozendaalsche ,, rood		- 1,05
Blijvende roode klaver (Cowgras)		- 1,60
Zweedsch bastaardklaver		- 0,80
Amerikaansche klaver		- 0,75
Gele hopperups klaver		- 0,30

Duinbeplanting, enz.

Stroo-, riet- en helmbepoting:

Prijs van (1912):	100 M² stroobepoting bij duinen . . .	f 1,10—f 1,30
	1000 stroopoten	- 1,50—f 1,70
	1000 rietpoten	- 2,30—f 2,40
	100 M² helmbeplanting bij duinen . .	- 0,35—f 0,40
	1000 stuks helmplanten steken en planten	- 0,80—f 1,—

De helmplanten moeten na goed beknepen te zijn 8 cM omtrek hebben en elk minstens 6 halmen, ieder met 2 wasbare knobbels, bezitten. (Zie ook A. V. § 183).

Schuttingen en schermen:

Prijs van (1912):	1 M rijsschutting	f 0,35
	1 ,, rietscherm	- 0,10—f 0,11

Rijswerken.

Litteratuur.

D. J. Storm Buysing, Handleiding tot de kennis der Waterbouwkunde 1864.
P. J. Neyt, Sprokkelingen op waterbouwkundig gebied. Erven Tijl, Zwolle.
L. R. Plasschaert, Beknopt leerboek der Oever-, strand-, duin- en dijksverdediging, met atlas. Bussum, C. A. J. van Dishoeck.
Zie ook bldz. 551 e.v.

Wintermat.

Voor 100 M² wintermat op halfwerk gemaakt, waaronder opruimen en gelijkmaken van den grondslag zijn noodig:

3 man 5 uren à f 0,60	f 9,—
20 uur van een halfwas voor het doorsteken à f 0,40	- 8,—
Spreidsel van tarwestroo dik 1,5 cM:	
27 bossen à f 20,— de 100 bos	- 5,40
17 ,, roggeglui voor beugels à f 30,— de 100 bos	- 5,10
Samen . . .	f 27,50
bij spreidsel dik 1¾ cM wordt het	- 28,90
,, half stroo en half bladriet dik 1¾ cM	- 28,20

Zomermat.

Voor 100 M² zomermat zijn noodig:

2 man 8 uren à f 0,60	- 9,60
14 bossen tarwestroo à f 20,— de 100 bos . . .	- 2,80
12 ,, roggeglui à f 30,— de 100 bos voor beugels	- 3,60
Samen . . .	- 16,—

Bij gebruik van droog riet voor spreidsel:

10 bossen à f 35,— de 100 bos	- 3,50
voor beugels als boven	- 3,60
arbeid	- 9,60
Samen . . .	- 16,70

Kieltuinen.

1 M¹ kieltuin van palen lang 1.10 M, 15 cM omtrek op afstanden van 30 à 35 cM met vlechting van latten, omtrek 8 à 10 cM, lang 3,80 à 4,40 zoodat men een hoogte krijgt van

	12 à 14 cM	f 0,30
idem met hoogte van	14 à 16 cM	- 0,35
,, ,, ,, ,,	,, 30 à 35 ,, ...	- 0,65

Staakrij.

1 M¹ staakrij van staken lang 1 Meter, 0,20 M omtrek en 10 stuks per M¹ f 0,50.

Perkoenregels.

1 M¹ perkoenregel van 6 gecreos. dennen palen, lang 2 M, omtrek 40 cM . f 8,—
Idem met eiken palen . . . . f 12,—

Rijswerken met Geldersch rijshout.

Bleeslaag.

Voor 100 M² dik 1 M zijn noodig:

780 bossen rijs (lang 3,80—4,40, omtrek onderste band 0,70 M) à f 40,— de 100 bos	f 312,—
900 palen à f 2,50 de 100 stuks	- 22,50
60 M³ grint à f 1,— de M³	- 60,—
12 dagen van een arbeider à f 5,—	- 60,—
1 dag van een kribbebaas à f 7,—	- 7,—
Samen . . .	f 461,50

of per M² ± f 4,62.

Krib- of pakwerk: beneden water.

Voor 100 M³:

900 bossen	f 360,—
900 kribpalen	- 22,50
50 M³ grint	- 50,—
16 dagen arbeider	- 80,—
1 dag kribbaas	- 7,—
Samen . .	f 519,50

of per M³ ± f 5,20.

Onderdeklagen voor krib- of baardwerk:

Per 100 M³:

900 bossen	f 360,—
1400 palen	- 35,—
770 latten à f 2,— de 100 stuks	- 15,40
75 M³ grint	- 75,—
20 dagen arbeider à f 5,—	- 100,—
1,3 dag kribbaas à f 7,—	- 7,—
samen	f 592,40

of per M³ ± f 5,93.

Bovendeklaag met 0,16 M dikke rijsvulling:

Per 100 M³:

150 bossen	f 60,—
550 palen	- 13,75
935 latten	- 18,70
20 M³ grint	- 20,—
8 dagen arbeider à f 5,—	- 40,—
0,5 dag kribbaas à f 7,—	- 3,50
Samen	f 155,95

of per M³ ± f 1,56.

Vlechttuinen.

Per 100 M¹:

260 palen	f 6,50
570 latten	- 10,50
2 arbeiders 1 dag à f 5.—	- 10,—
Samen	f 27,00

of per M¹ . . f 0,27.

Pak- en baardwerk van Hollandsch rijs.

Pakwerk.

Prijs (1912) f 3,60 de M¹.

Bij Rijksrivierwerken (Boven-Maas) (1912) per M³ f 1,60—f 1,70.

Baardwerk.

Baardwerk bij eb en vloed prijs (1912) f 1,90 de M². Baard en pakwerk bij Rijksrivierwerken (Rijn, Lek en Maas) per M³ (met deklagen van versch hout) f 0,90 à f 1,—(1912).

Zinkwerk.

Zinkstukken bestaan uit onder- en bovenroosterwerk van wiepen, waartusschen 2 à 3 lagen rijsvulling (0,30 en 0,45 M dikte). Lengte der stukken niet meer dan 100 Meter; breedte niet meer dan 25 Meter.

Zinkstuk van drie lagen totaal dik 1,00 M wordt bij inklinking 0,60 M.

Prijs per M² (1912) zinkstuk met maken en zinken met gedeeltelijken ballast	f 2,50
Idem ,, geheele belasting	f 3,80
Idem ,, zonder ballast	- 1,80

In het algemeen kan men nu rekenen voor 100 M² zinkstuk van 3 rijslagen:

2100 bos Holl. rijs àf 10,—de 100	f 200,—
50 ,, haringband à f 40,—	- 20,—
50 Walchersche staken à f 40,—	- 20,—
300 stuks kruisband à 5,— de 1000	- 1,50
5000 ,, wiep- en knijpband à f 2,—	- 10,—
25 KG verslagen want à f 0,50	- 12,50
2 ,, stroptouw à f 1,—	- 2,—
12 stuks ijzeren kousen à f 0,30	- 3,60
samen	f 279,60
Arbeidsloon voor het maken	- 60,—
,, ,, ,, zinken	- 50,40
totaal rond	f 390,— (zonder ballast).

Voor het zinken met zinksteen is per M² zinkstuk noodig ongeveer 0,3 scheepston (S.T.) Rekent men de levering van den steen franco haven op f 20,— per last, dan worden de kosten op het werk per S.T. ongeveer f 11,70 à f 13,40.

Drinkwater en drinkwaterleidingen.

Litteratuur.

Bibliografie, samengesteld door de Vereeniging voor Waterleidingsbelangen in Nederland 1912.

Der städtische Tiefbau. Band II: Die Wasserversorgung der Städte, 2e druk van Robert Weyrauch 1914. Kröner, Leipzig.

Tiemann-Gaertner. Handbuch der Untersuchung und der Beurteilung der Wässer. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Fischer. Das Wasser. 4e uitgave 1914.

Fresenius. Anleitung zur quantitativ. Analyse. 2 dln. Vieweg.

Emmerling. Praktikum der chemischen, biologischen und bacteorologischen Wasseruntersuchung.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften 3er Band 1e Abteilung 2e Hälfte.

Rudolf Müller. Wasserversorgung mittlerer und kleiner Städte und Ortschaften (nebst einer Abhandlung über den Schätzungswert von Quellen).

Dr. J. Tillmans. Water Purification and Sewage Disposal (Vertaling uit het Duitsch door H. S. Taylor) 1913.

Dr. Ing. Hermann. Nannes. Die Berechnung von Rohrnetzen städtischer Wasserleitungen. Oldenburg, München 1912.

Heim. Einfaches Bakterienfilter. Hyg. Rundschau 1906, blz. 99.

H. Knauer. Der städtische Tiefbau. 4 dln. 1910-'12. Polytechnischer Verlag.

A. Reich. Der städtische Tiefbau. 1907 Voigt, Leipzig.

A. C. Houston. Rural Watersupplies and their purification John Bale Sons & Danielsson-Londen 1918.

Aug. Gärtner. Die Hygiene des Wassers Fr. Vieweg Sohn. Brunswijk 1915.

Dr. Hartwig Klut. Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.

Sam. and Er. K. Rideal. Watersupplies; their purification, filtration and sterilisation. Crosby Lockwood & Son. Londen.

Statistiek Overzicht der Waterleidingen in Nederland, bewerkt door de Commissie voor de Statistiek der Vereenig. voor Waterleidingsbelangen in Nederland (verschijnt elk jaar).

Rapporten van de Rijkscommissie voor Drinkwatervoorziening.

De eischen, welke men aan drinkwater stelt, worden uit hygiënisch oogpunt gesteld. Zij zullen in het algemeen ook voor het huishoudwater moeten gelden. Het water voor verschillende industrieele bedrijven zal in het algemeen aan dezelfde eischen moeten voldoen, maar daarbij vooral de soort van en het gehalte aan chemische verbindingen van groot belang zijn.

De ziekten, welke het meest door het drinkwater worden verbreid, zijn cholera, dysenterie en typhus. Een bacteriologisch onderzoek zal in hoofdzaak moeten uitmaken, of het water voor drinkwater geschikt is. Een groot aantal bacteriën, waaronder die, van menschelijke afvalproducten stammen, maken het water verdacht. Goed drinkwater moet verder zoo min mogelijk bacteriën en liefst niet meer dan 100 kiemen per cM³ bevatten; zuiver bronwater bevat nog tot 50 stuks, terwijl rivierwater een aantal van 20000 en meer per cM³ kan bevatten. In het algemeen zal het water dus moeten worden gezuiverd, alvorens het voor drinkwater geschikt is.

De prise d'eau of watervang.

Het drinkwater wordt algemeen gewonnen uit rivieren of ander openbaar oppervlaktewater, uit grondwater en uit bronnen, dat is grondwater, dat uit den bodem treedt. Voor onderzoek van een drinkwatervoorziening is ook een diepgaande kennis van den waterstroom en het terrein noodig, voordat een betrouwbaar oordeel kan worden gegeven, of het water voor drinkwater geschikt is en of verontreiniging te verwachten is. In het algemeen is zuiver bronwater met het oog op ziektekiemen het betrouwbaarst, vooral in de tropen, terwijl het rivierwater op dit punt het minst voldoet.

Wateronttrekking uit rivieren en meren.

Rivier- of meerwater is dikwijls in voldoende hoeveelheid beschikbaar en bij niet te groote verontreiniging van goeden smaak, Het kan evenwel zeer in chemisch en bacteriologisch opzicht verschillen, zelfs van eenzelfde rivier, terwijl het bij hoogwater veel stoffen in oplossing bevat. Het kan met voordeel worden aangewend ter aanvulling van een drinkwatervoorziening met grondwater, in geval deze in droge tijden of in tijden van maximum gebruik tekort komt. Nadeelen van het water zijn de hooge temperatuur en de hoedanigheid, welke aan groote veranderingen zijn onderworpen; zoo kan door ontwikkeling of afsterving van lagere planten en dieren een groote verandering van smaak plaats vinden. Verder bezit zelfs het helderste bergwater een hoog bacteriëngehalte. Evenals bij meren het geval is, kan het rivierwater door zg. dalstuwen kunstmatig worden verzameld. Wat de meren betreft, moet men onderscheid maken tusschen die met zichtbaren en onzichtbaren afvoer van het water. Bij de eerste soort is het water van nagenoeg natuurlijk zoutgehalte en meestal helder, zoet en voor drinkwater te bezigen. Bij de laatste soort is het water dikwijls van hoog zoutgehalte. Het water in dergelijke verzamelreservoirs als meren en dalbekkens ondergaat een voortdurende zelfreiniging, gepaard met physische en chemische processen. Hoe grooter de waterinhoud is, hoe minder wisseling tengevolge van klimatologische invloeden in de zelfreiniging plaats vindt en hoe gelijkmatiger de hoedanigheid van het water. Daarom is het water van dalbekkens boven dat van open waterloopen te verkiezen.

De wateronttrekking geschiede steeds buiten of boven de bewoonde plaatsen en bij rivieren liefst daar, waar een sterke stroom voorhanden is en nooit op plaatsen, waar slibvorming plaats heeft. Het beginpunt of den mond van de buis neme men op behoorlijken afstand van den oever, niet te dicht bij den bodem en liefst zoo hoog mogelijk, maar toch op zekere diepte onder den waterspiegel.

De watervang kan ter vermijding van grove stoffen door een rasterwerk of door ruw filtermateriaal worden omgeven.

Vóór het gebruik moet het water steeds gereinigd worden, hetgeen geschiedt door bezinken, gevolgd door filtratie, al of niet aangevuld door sterilisatie. Het bezinken bevordert de reiniging zoowel mechanisch als bacteriologisch, maar moet ook niet te lang duren, daar noemenswaardige verbetering van het water niet meer plaats vindt en het water door het oponthoud kan vervuilen en bacteriologisch slechter kan worden. Een tijdsruimte van 12 tot 24 uur is het meest gebruikelijk, hoewel naar gelang van de hoedanigheid van het water een langere tijdsruimte tot drie weken en meer gewenscht is.

De zuivering kan doelmatig met zandfilters (langzame of kunstmatige filtratie geschieden, terwijl door organismen veroorzaakte smaak door permanganaatbehandeling te verwijderen is (zie verder bldz. 1135).

Natuurlijke bronnen.

Hoewel natuurlijke bronnen zeldzaam zijn, leveren zij het betrouwbaarste en dikwijls lekkerste water. Men onderscheidt „zakwater" bronnen (land-springs) d.i. voornamelijk water, dat uit hellingen te voorschijn treedt en „grondwater" bronnen (diep-springs) De laatsten zijn meer permanent dan de eerste en meer van organische bestanddelen bevrijd.

Het bronwater kan dikwijls zeer veel zouten in oplossing bevatten (chloriden, sulfaten, enz.) zóó, dat het ondrinkbaar is.

Wateronttrekking uit den grond.

Het grondwater heeft een meer constante temperatuur en is op groote diepte ontnomen vrij van pathogene kiemen. Het vertoont evenwel groote verschillen in chemische samenstelling, terwijl de smaak daarnaar zeer kan varieeren. Diepe wellen hebben dikwijls een onaaangenamen smaak tengevolge van de tegenwoordigheid van ijzer en zwavelwaterstof. Doorluchting, ontijzering en filtratie van het water kunnen deze bezwaren opheffen (zie bldz. 1136 e. v.).

Deze onttrekking geschiedt dwars op de stroomrichting en door middel van putten, bronnen en open of gesloten kanalen. De zuiverheid van het grondwater hangt voornamelijk af van de diepte der bronnen. Het grondwater uit de bovenste grondwaterstroomen blijft altijd onbetrouwbaar wegens gevaar van verontreiniging. In ons land maakt het duinwater hierop een uitzondering. In het grootste N.W. gedeelte van ons land, waar door de formatie van onzen bodem een bovenste en een onderste zoetwaterstroom in Z.Z.O.—N.N.W. richting bestaan, welke door een min of meer dichte grondlaag van ± 20—30 M van elkaar gescheiden zijn, verdient het aanbeveling het water

aan den benedensten grondwaterstroom te onttrekken. Dieper te gaan is niet raadzaam wegens de toename van het zoutgehalte van het water.

Waar het grondwater door het maken van putten of aanboren tengevolge van den druk vanzelf aan de oppervlakte treedt, spreekt men van *artesisch water*.

Het artesisch water is in den regel zuiver, maar bevat meestal weinig koolzuur, waardoor het flauw van smaak is.

Nadeel is de betrekkelijk hooge temperatuur, zoodat men het een geruimen tijd moet laten staan, alvorens het voor drinkwater te bezigen. Hoewel niet noodig, laat men het vooral in Indië door een leksteen loopen, waardoor het water door een druppelsgewijze neervallen gelegenheid heeft lucht en daarmede koolzuur op te nemen en de smaak aangenamer wordt.

Putten. Het water uit ondiepe putten is in de nabijheid van woningen zoo dikwijls verontreinigd, dat men het als verdacht moet beschouwen, hoewel het dikwijls heel helder ziet en zeer smakelijk is. Meestal is het water hard en dikwijls van temporaire hardheid. Putten worden veelal van steen gemaakt, ook wel met hout gecombineerd, welk materiaal dan voor het onder water liggende deel wordt gekozen. De gemetselde of van beton gemaakte putten laat men in den grond zakken met behulp van een putring van hout of ijzer en ontgraven en belasten. Alle steenen putten staan min of meer aan verontreiniging door onzuiver zakwater bloot. Het maken van diepe putten wordt dan ook meer en meer vervangen door het boren van pijpwellen of bronnen. Volgens onderzoekingen van *Thévenet* in Cochin China is het vermogen van een put ongeveer evenredig aan den omtrek. Voor putten van groote middellijn en bij volstrekte waterdichtheid maakt men gebruik van gegoten ijzeren ringen.

De *pijpwellen* of *bronnen* worden gevormd door metalen (ijzeren) buizen, welke in den grond worden geboord. De onderlinge afstand hangt af van de grens van het door elke bron beheerschte gebied.

Het vermogen van een bron kan het best door proefneming worden bepaald, maar ook worden berekend (zie bldz. 395).

$$Q = \frac{k\pi\,(H^2 - h^2)}{\lg \frac{R}{r}} \quad \text{waarin}$$

k = constante.
H = hoogte van den grondwaterstroom.
h = afstand van den afgemalen waterspiegel tot de waterafsluitende grondlaag.
R = straal van het watergevend gebied van de bron.
r = middellijn van de bron.

Regenwater.

In vele gevallen is men op regenwater aangewezen, dat van daken of andere oppervlakken wordt opgevangen. Het regenwater van daken is in de eerste tijden van regen meestal bevuild. Vóór het in een regenwaterbak of ton op te vangen, kan men als volgt te werk gaan. Men voorziet de regenpijp van onderen van een afsluiter en op ongeveer een halven meter afstand daarboven van een zijtak, haaks op de pijp van denzelfden diameter, welke tak in de tank uitmondt. Men laat nu bij regen het water eerst een tijd door de hoofdpijp wegloopen en sluit deze dan af. De tanks beschermt men voor de zon en maakt men het best van gewapend beton of gegalv. ijzer; hout en lood zijn af te keuren.

Regenwater is geen smakelijk drinkwater, ook omdat het zeer weinig zouten bevat; de flauwe smaak kan wel eenigszins verbeterd worden door de kunstmatige toevoeging van koolzure soda en keukenzout. Verder bevat het min of meer de verontreiniging van de lucht, vooral in en bij steden en industrieplaatsen met rookende schoorsteenen. Betrekkelijk zuiver regenwater bij Malvern (bij Londen) kan volgens Houston geacht worden te bevatten aan

onopgeloste stoffen:			
teer	0,41 mgr./L	asch	12,1 mgr./L.
koolstoffen (andere dan teer)	8 ,,	totale stof	41 ,,
asch	16 ,,	waaronder	
opgeloste stoffen:		zwavelzuur als SO_4 . .	8 ,,
gloeiverlies	6 ,,	chloor ,, Cl . . .	2,5 ,,
		ammoniak ,, NH_4 . .	0,41 ,,

Behalve het op den bodem opgevangen regenwater is het regenwater van daken practisch vrij van menschelijke afvalstoffen en daardoor in hygiënisch opzicht vrij

betrouwbaar, hoewel enkele ziekten van lagere dieren op den mensch kunnen worden overgebracht en het gewenscht blijft het regenwater te zuiveren. Dit geschiedt het best met houtskool, dat als poeder wordt toegevoegd, geschud en met aluin neergeslagen, nadat het water met kalk behandeld is. (Zie bldz. 1134.)

Bij het gebruik van dakwater zorge men, dat geen hooge boomen in de nabijheid staan en geen takken over het gebouw heenhangen.

Water van gegalvaniseerd ijzeren daken heeft eenig zinkoxyde opgelost, terwijl het in Indië van sirappen daken opgevangen water eenigszins bruin gekleurd is, welke kleur echter na filtratie verdwijnt.

Onderzoek van het drinkwater.

Voor de beoordeeling van het drinkwater neme men het monster op doelmatige wijze en beware het in zuiver schoone (met het te onderzoeken water uitgespoelde) glazen flesschen of vaten van glazen stoppen voorzien.

Aan goed drinkwater stelt men in het algemeen de volgende eischen:

a. Het water moet biologisch- en bacteriologisch betrouwbaar zijn, d.w.z. geen naspoorbare pathogene organismen of bacteriën bevatten, terwijl het aantal saprophytische bacteriën tot een zeker bedrag moet zijn beperkt.

b. Het water moet helder, vrij van zichtbaar zwevende bestanddeelen zijn;

c. het water moet reukeloos zijn;

d. het water moet een frisschen aangenamen smaak bezitten en een lage temperatuur, welke voor de verschillende jaargetijden niet te uiteenloopend mag zijn;

e. het water mag geen chemisch giftige of de gezondheid schadende stoffen bevatten.

De onder *a*, *b*, *c* en *d* vallende eischen beoordeelt men direct na de monstername Bij bronnen liefst meer dan eens, en van grootere waterhoeveelheden, daar zich dan eerst bijmengsels laten waarnemen.

Chemisch onderzoek.

Een aantal chemische analyses, zooals op ammoniak, salpeterig- en salpeterzuur, koolzuur en zwavelwaterstof moeten liefst zoo spoedig mogelijk worden uitgevoerd, daar deze stoffen bij lang staan der monsters kunnen worden gewijzigd.

Voor het chemische onderzoek zijn ongeveer 2 liter water benoodigd en het omvat achtereenvolgens:

1. De bepaling van de verdampings- of droogrest uit 250—500 cM³ water, d.i. de hoeveelheid anorganische en organische niet vluchtige bestanddeelen van het water.
2. de oxydeerbare hoeveelheid organische stof, welke het water bevat.
3. het gehalte aan salpeterigzuur.
4. het gehalte aan salpeterzuur.
5 het gehalte aan ammoniak.
6. het gehalte aan chloor.
7. De bepaling der hardheid naar het gehalte aan calcium- en magnesiumzouten.
8. De bepaling van het gehalte aan overige stoffen, als ijzer en andere metalen, phosphorzuur, koolzuur, enz.

Als grenswaarden voor de hoeveelheid stoffen in goed drinkwater zijn de volgende te beschouwen. Komen meer dan deze hoeveelheden in het water voor, dan zal dit, indien de afwijking uit de plaatselijke omstandigheden kan verklaard worden, nog niet tot afkeuring behoeven te leiden.

Vaste stoffen (verdampingsrest)	hoogstens	500	milligr. per Liter.
Salpeterzuur.	,,	15	,, ,, ,,
Chloor	,,	35	,, ,, ,,
Calcium- en magnesiumoxyden	,,	200	,, ,, ,,
Ammoniak	geen		
Nitriet (salpeterigzuur)	,,		
Phosphorzuur	,,		
Zware metalen	,,		
Zwavelzuur		100	,, ,, ,,

Verder mogen hoogstens 10 mG kaliumpermanganaat per Liter worden gereduceerd.

Water met ongeveer 250 mgr. chloor of 412 mgr. keukenzout, of met meer dan 500 mgr. zwavelzure kalk, of met ongeveer 500 mgr. zwavelzure magnesia, of met ongeveer 30 mgr. chloormagnesium per L, begint naar deze stoffen te smaken.

Wat keukenzout betreft, kan een vrij hoog gehalte worden verdragen; water uit de Leeuwarder waterleiding bevat ongeveer 380 mG keukenzout (230 mG Chloor); Fachingerwater 630 mG keukenzout, Victoriawater 2020 mG en Seltserwater 2030 mG.

Hardheid en schalen van hardheid.

Men zegt, dat een water *hard* is, wanneer het het vermogen heeft zeep tot een onoplosbaar wit poeder te doen schiften, zoodat het zeepsop niet meer schuimt ten gevolge van het hooge zoutgehalte van het water.

Keukenzout (chloornatrium) werkt op dit punt minder sterk dan kalk- en magnesiazouten. De hardheid van zeewater is dan ook aan de aanwezigheid van de laatstgenoemde zouten te wijten. Men kan deze neerslaan door toevoeging van soda of kalkwater ter hoeveelheid van ongeveer 3 gram per Liter.

De graden van de *Duitsche schaal* worden hoofdzakelijk bepaald naar het aantal gewichtsdeelen CaO in 100 000 deelen water of 1 D. graad = 10 mgr CaO per L. Volgens deze schaal wordt het gehalte van andere alkalische aarden o.a. magnesia (MgO) in verhouding der atoomgewichten bij het kalkgehalte in rekening gebracht, b.v. een watersoort, die op 100 000 deelen 12 deelen kalk en 5 deelen magnesia bevat, heeft een hardheid van

$$12 + \frac{40 + 16}{24 + 16}\,5 = 12 + 1{,}4 \times 5 = 19 \text{ Duitsche graden.}$$

Water van minder dan 15° hardheid wordt zacht, met meer dan 20° hard en met meer dan 30° zeer hard genoemd.

De graden van de *Fransche schaal* komen overeen met het aantal gewichtsdeelen koolzure kalk ($CaCO_3$) op 100 000 deelen water.

Het moleculair gewicht van $CaCO_3$ is 100.

$$1 \text{ Duitsche graad is dus } \frac{100}{56} = 1{,}785 \text{ Fransche graden.}$$

De graden van de *Engelsche schaal* komen overeen met een gehalte van 1 grain koolzure kalk op 1 gallon water:

1 grain = 0,0648 gram
1 gallon = 4,5435 liter.

$$1 \text{ Duitsche graad} = \frac{0{,}045\,435}{0{,}064\,8} \times \frac{100}{56} = 1{,}25 \text{ Eng. graad.}$$

Wateranalyses.

Analyse van *regenwater* binnen een Engelsche stad volgens *Houston*:

stikstof als ammoniak	0,14	grains per gallon
albuminoid stikstof	0,015	,, ,, ,,
chloor	0,45	,, ,, ,,
zuurstof door permanganaat verbruikt	0,22	,, ,, ,,
totale hardheid	3,7	,, ,, ,,
kleur (mM bruin, 2 ft. tube)	160	,, ,, ,,

alzoo hooge cijfers voor ammoniak, oxydeerbare stof en kleur.

Zie verder bldz. 1132 en 1133.

Het zuiveren van het drinkwater.

Het zuiveren van kleinere hoeveelheden.

Voor *kleine hoeveelheden en voor huiselijk gebruik* bezigt men filters. De meeste dienen evenwel om de onzuiverheden mechanisch tegen te houden; zij laten veelal de bacterische ziektekiemen en andere bacteriën door. Men onderscheidt voornamelijk de volgende soorten:

a. Houtskoolfilters, als oudste vorm, welke bijna niet meer worden gebezigd. Het bacteriologisch effect daarbij is bijna nihil, zelfs wordt het gehalte aan bacteriën daarbij na eenigen tijd grooter.

b. Steenen filters van zandsteen, puimsteen, enz. Bij de kunstmatige filters zijn die voor onder druk staande filters van fijn materiaal gemaakt. Hoewel de zuivering van het water vrij goed is, gaan de bacteriën na twee of drie dagen er eveneens doorheen. Het vermogen is tevens gering, in het algemeen ongeveer 1 Liter per uur en kan dikwijls sterk verminderen, zoodat schoonmaken noodzakelijk wordt.

De in Indië gebruikelijke steenen filters of leksteenen zijn gehouwen stukken kalkzandsteen, waarin het water wordt gegoten en uit de wanden waarvan het druppelsgewijze valt. Goede leksteenen laten niet meer dan ongeveer 100 L water per etmaal door.

Het nut van deze steenen filters is behalve voor mechanische reiniging, dat het van de wanden afdruppelende water met veel lucht in aanraking komt en daardoor schadelijke bestanddeelen kunnen worden geoxydeerd. Zij moeten evenwel dikwijls worden schoongemaakt, omdat anders de achtergehouden organische stoffen in rotting overgaan en het water onzuiverder wordt. Men doet goed, in den steen wat houtskool te doen en daarboven eenig grint. Deze laag houtskool moet nu en dan vernieuwd of uitgegloeid worden.

c. *Asbestfilters*, waarbij asbest, hetzij als massa of samengedrukt en gemengd met andere stoffen als filterlichamen wordt gebezigd. Zij worden vaak gebruikt voor technische doeleinden bij het filtreeren van bier, olie, wijn, enz. en voor ontijzering. Zij houden de bacteriën vrij goed tegen, maar zijn in het algemeen spoedig verstopt, zoodat zij moeten worden gereinigd en weder gesteriliseerd. De meest gebezigde soorten zijn die van *C. Piefke* en *Friedrich Breyer* (micromembraanfilter).

d. *Klei-filters*, zooals van *Olschewski* en *Hesse*, houden de bacteriën alleen korten tijd tegen. Hoe meer water zij afgeven, hoe minder bacterievrij.

e. *Porceleinen filters*, waaronder de Chamberlandfilter de voornaamste plaats inneemt, bestaan uit een metalen cilinder, welke aan de binnenzijde een mantel heeft van poreus porcelein (kaars). Het water komt binnen tusschen dezen mantel en den metalen buitenwand, vloeit dan door dezen porceleinen mantel en vloeit daarna door een opening in den bodem weg. Hoewel het vermogen van den filter gering is (slechts een paar liter per dag na eenige dagen) is het filtraat bacterievrij. Het apparaat kan worden gereinigd door uitkoken van de kaars en verhitten van den cilinder.

f. *Kieselguhr-filters*, waaronder de Berkefeld-filter, zijn geconstrueerd volgens het beginsel van den Chamberlandfilter. De kaars is hierbij van gebrande infusoriënaarde. De poreuze kaarsen van gebrande infusoriënaarde worden door het vuile water van buiten naar binnen doorstroomd, waarbij de onreinheden zich aan de oppervlakte afzetten. Waar deze kaarsen door afwasschen met de hand gereinigd moeten worden, hetgeen veel tijd en kosten vordert, waren zij voor grootere waterhoeveelheden moeilijk te gebruiken.

In de nieuwste apparaten van *Berkefeld* zijn de poreuze filterlichamen door een korrelig reinigingsmateriaal omgeven. Door middel van een luchtcompressor wordt dit reinigingsmateriaal door druklucht in wervelende beweging gebracht en schuurt dit het vuil af.

Men doet goed het water eerst te filtreeren en dan te koken, want het kan juist door een slechten filter worden geïnfecteerd. Een kaarsenfilter moet daarom ook geregeld om de twee dagen goed worden uitgekookt.

Chemisch kan men het water mechanisch zuiveren door de stoffen daaruit met chemische middelen neer te slaan. Daartoe bezigt men veelal:

1. *aluin*, een dubbelzout van ammoniak- of kaliumsulfaat en aluminiumsulfaat $Al(SO_4)_3$ (zwak vergift.) In het water wordt de aluin ontleed in deze beide bestanddeelen, waarvan het kaliumsulfaat opgelost blijft en het aliminiumsulfaat veranderd wordt in een basisch aluminiumsulfaat, dat in vlokken neerslaat en de stoffen uit het water medevoert. Het zwavelzuur, dat bij de ontleding vrijkomt, vormt met de in het water altijd aanwezige carbonaten sulfaten onder afscheiding van koolzuur, zoodat de aanwezigheid van koolzure kalk voor de goede werking van aluin volgens *Parkes* (Manual of practical hygiene) vereischte is. Veenwater kan men met aluin voldoende helder maken. Het goedkoopst geschiedt de zuivering met geconcentreerde aluin, welke uitsluitend uit zwavelzure aluin bestaat (ook wel aluin-aluin genoemd).

2. *ijzerchloride* ± 0,032 gram (druppel) per L water; bij omroeren vormt zich een bezinksel, dat de zwevende organische stoffen medevoert naar den bodem.

3. *kalkwater* slaat koolzure kalk, magnesiazouten en ijzer neder en deze voeren daarbij een deel der organische stoffen mede. Door toevoeging van dubbel koolzure soda wordt het water verbeterd (zie bij Sterilisatie).

4. Is men niet in de gelegenheid het water te koken, dan kan men het afdoende steriliseeren met *kaliumpermanganaat*. Door zeer weinig daarvan wordt het reeds roodgekleurd. Het roodgekleurde water laat men ongeveer een half uur staan en ontkleurt het dan met suiker, melksuiker of een weinig koffiedik.

Volgens *George Lambert*, militair geneesheer bij de Fransche koloniale troepen neme men 60 gram kaliumpermanganaat, 50 gram magnesiumoxyde, 390 gram talkpoeder, totaal 500 gram. Een duizendste van dit mengsel of ½ gram is voldoende om 1 Liter water te zuiveren. Het mengsel moet 10 minuten op het water inwerken; daarna voege men toe 2 druppels verzadigde natriumhyposulfideoplossing, waaraan men een spoor van basisch bismuthnitraat toegevoegd heeft.

Verschillende wateranalyses: *Analyses van eenige wateren uit stedelijke drinkwaterleidingen, bron-, regen- en zeewater in mgr. per Liter.*

Jaar	Plaats	Kleur PtCo; mgr.Pt	Geleidingsvermogen v. electr. bij 180° C. $\times 10^{-6}$	Reactie (t/o phenolpthaleïne)	Vaste stoffen gedroogd bij 180° C.	Gloeiverlies	Kaliumpermanganaatverbruik $KMnO_4$	Chloor-ion Cl	Salpeterigzuur-ion NO_2	Salpeterzuur-ion NO_3	Zwavelzuur-ion SO_4''	Hydrocarbonaat-ion HCO_3'	Vrij koolzuur CO_2	Carbonaat-ion CO_3''	Phosphorzuur-ion PO_4'''	Kiezelzuur SiO_2	Zwavelwaterstof H_2S
1917	Amsterdam (Leijduin)	10	468	zuur	313	16,4	8,7	33,2	0	1,7	20,6	284	6,5	0	0	18,4	0
1917	's-Gravenhage	7	436	zuur	309	5,2	6,6	33,—	0	2,3	16,5	256	7,6	0	0	16	0
1918	,,	—	—	—	325	—	6,—	35,3	—	2,4	17,1	—	—	—	—	—	—
1917	's-Hertogenbosch	4	99	zuur	79,6	13,6	4,8	15,4	0	spoor	24,4	11	4,3	0	0	10,8	0
1917	Leeuwarden	15	660	zuur	478	42	30,8	139,3	0	spoor	135,7	18,3	7,3	0	0	7,2	0
1917	Rotterdam	10	426	zuur	285	16,4	8,8	54,1	0	2,7	41,2	165	5,4	0	0	4	0
1917	Utrecht	3	154	zuur	109,2	13,6	0,8	11,7	0	1,7	8,2	85	3,9	0	0	17,2	0
	Regenwater opgevangen in het duingebied.	—	—	—	104,3	—	10,75	31,95	—	1,81	21,8	—	—	5,25	—	1,33	—
	Zeewater aan de Nederlandsche kust				30353			16339			2202					23	

Jaar	Plaats	Ammonium-ion $NH_4^{\cdot}$	IJzer-ion $Fe^{\cdot\cdot}$	IJzer berekend als Fe_2O_3	Mangaan-ion $Mn^{\cdot\cdot}$	Mangaan berekend als Mn_3O_4	Calcium-ion $Ca^{\cdot\cdot}$	Calcium berekend CaO	Magnesium-ion Mg	Magnesium berekend als MgO	Natrium-ion $Na^{\cdot}$	Kalium-ion $K^{\cdot}$	Alkalicarbonaten berek. als $NaHCO_3$	Vrije zuurstof O_2	Hardheid: Totale in Duitsche graden	Hardheid: Tijdelijke (ber. carbonaathardh.) in D.gr.	OPMERKINGEN
1917	Amsterdam (Leijduin)	0	<0,1	<0,1	0	0	87,2	122	7,1	11,7	25,3	—	0	8,63	13,8	13	Duinwater, gefiltreerd. Analyse van het leidingwater bij monsterneming [1])
1917	's-Gravenhage	0	<0,1	<0,1	0	0	83,8	117,2	5,8	9,6	22	—	0	9	13	11,8	idem. [1]) Bacteriologisch onderzocht bevatte het leidingwater 2 tot 12 bacteriën per c.c. met hoogstens 3 soorten.
1918	„	—	—	—	—	—	85,2	—	—	—	—	—	—	—	11,1	7,8	idem [2]).
1917	's-Hertogenbosch	0,09	<0,1	<0,1	0,09	0,13	7,1	10	2,2	3,6	—	—	0	10	1,5	0,5	Heidewater, analyse van het leidingwater bij monsterneming. [1])
1917	Leeuwarden	0,11	<0,1	<0,1	0	0	38,3	53,6	18,5	30,8	89,6	—	0	11,5	9,9	0,8	Gefiltreerd met aluin voorbehandeld water uit de Wijde Ee bij Grouw. [1])
1917	Rotterdam	0	<0,1	<0,1	0	0	58	80,8	9,7	16,2	34	—	0	6,3	10,3	7,6	Gefiltreerd Maaswater, analyse van het leidingwater. [1])
1917	Utrecht	0	<0,1	<0,1	0	0	23,6	33	3,5	5,9	—	—	0	3,4	4,1	—	Heidegrondwater, ongereinigd. [1])
	Regenwater opgevangen in het duingebied.		—	—	—	—	9,85	—	2,5	—	—	—	—	8,01	2,09	8,9	Gemiddelde van 6 door Dr. van der Sleen gevonden analyses. [3])
	Zeewater aan de Nederlandsche kust	0,60					635		900						299		Gemiddelde van 2 door Dr. van der Sleen gevonden analyses. [3])

[1]) Ontleend aan het Statistiek Overzicht der drinkwaterleidingen in Nederland.
[2]) Volgens Gemeenteverslag.
[3]) Ontleend aan W. G. N. van der Sleen. Bijdrage tot de kennis der chemische samenstelling van het duinwater in verband met de geo-mineralogische gesteldheid van den bodem. Proefschrift Haarlem. Erven Loosjes. 1912.

Het steriliseeren van drinkwater.

Van alle zuiveringsmiddelen is uit gezondheidsoogpunt het *koken* van het water het beste, daar daarmede alle bacteriën het snelst en zekerst gedood worden (miltvuursporen na 12 minuten). Gekookt water is echter flauw en minder aangenaam van smaak, omdat lucht en koolzuur er uit zijn gedreven. Men kan het water evenwel weder lucht laten opnemen door het door een leksteen te laten loopen of van andere oppervlakken te laten druipen.

Waar het gaat om het drinkwater vrij te houden van ziektekiemen en de gebruikelijke filtratiemethoden op dit punt onvoldoende zijn, maakt men behalve van koken gebruik van de volgende zuiverings- en sterilisatiemethoden:

a. Door middel van kalk. Deze zuiveringsmethode heeft wegens de goedkoopte en eenvoud van het middel en het gemakkelijk verkrijgen van den desinfectans vooral bij behandeling in het groot veel voor. Verder kan de permanente hardheid van het water daardoor worden verminderd. Vooral voor zuivering van regenwater komt het kalkproces in aanmerking, daar hier weinig opgelost koolzuur, bicarbonaten en magnesiumzouten aanwezig zijn, welke een deel van het toegevoegde calciumoxyde verbruiken. Men kan kalkwater (ter sterkte van een maximum oplossing van ongeveer 1 gew. dl CaO op 1000 dl water) bezigen of in het groot kalkmelk toevoegen. De toevoeging geschiede steeds in overmaat, welke later moet worden geneutraliseerd, hetgeen met natriumhydrophosphaat, aluminiumsulfaat, natriumbicarbonaat of koolzuurhoudend water kan geschieden. De twee eerste middelen maken daarbij het water ook helder en zachter. De twee laatste middelen maken het ook zachter, maar hebben geen invloed op de klaring.

Bij versch opgevangen regenwater neme men, volgens *Houston*, een overmaat van CaO van 14 mgr per Liter (1 grain per gallon), terwijl volgens hem een toevoeging van ongeveer 43 mgr per Liter (3 grains per gallon) voldoende is voor de sterilisatie bij ongeveer 12 uur contact. Is het water erg onzuiver, dan zal een grootere dosis en langer aanraking met de kalk noodig zijn. Hoe grooter de overmaat van kalk is, hoe minder snel het sterilisatieproces werkt, vooral bij lage temperatuur. Bij kalkmelk is ongeveer 60 % aan CaO te rekenen. Het water is met de kalk vooral goed te roeren gedurende 5 tot 15 minuten. Voor neutralisatie en bezinking is verder eveneens een tijdsruimte van ongeveer 12 uur te rekenen.

b. Door middel van chloorverbindingen.

De militaire hygiëne heeft van de chloorbehandeling van het water reeds tamelijk vroeg gebruik gemaakt voor het beschermen van de troepen te velde tegen typhus en buikloop. Het chloor kan hierbij worden gebezigd in den vorm van *chloorkalk*, oplossing van *natriumhypochloriet*, *vloeibaar chloor* of *electrolytisch chloor* uit verschillende chloorverbindingen. Het meest actieve bestanddeel van de chloorsterilisatie is in beide gevallen niet het chloor, maar de zuurstof.

De *sterilisatie met chloorkalk* (met ongeveer 33 % werkzaam chloor) geschiedt algemeen door toevoeging van 1 deel chloorkalk op 300 000 à 350 000 deelen water, hetgeen ongeveer overeenkomt met 0,5 mgr werkzaam chloor per Liter. Men laat het water daarmede een etmaal lang in aanraking. Voor het wegwerken van overgebleven chloor is toevoeging van een dosis natriumsulfiet of hyposulfiet raadzaam, waardoor reuk en smaak worden verbeterd. Aan den chloorsmaak kan men geheel gewend raken. Deze smaak is reeds bij tamelijk geringe hoeveelheid chloor waar te nemen; toen dan ook in 1911 het water in Duitschland met chloorkalk werd behandeld, kwamen van vele zijden klachten binnen. Gevoelige menschen proeven reeds 0,5 mG chloor per liter. Bij zorgvuldige en zaakkundige behandeling van het water met chloorkalk behoeven nauwelijks klachten geducht te worden.

De kosten voor deze sterilisatie zijn geringer dan bij de andere methoden. De methode is evenwel niet toe te passen, waar veel opgeloste stof of organische stof of ijzer in het water aanwezig is, daar dan het vrije chloor op deze bestanddeelen inwerkt.

Door toevoeging van chloorkalk worden geen vreemde stoffen in het water gebracht, en bij het oplossen van chloorkalk in het water ontstaan geen andere stoffen dan die, welke zich reeds bevinden in elk van nature hard water.

Met even goed gevolg als chloorkalk kan *natriumhypochloriet* worden gebezigd. De bacteriën en vooral de pathogene worden hierbij spoedig vernietigd.

De oplossing van natriumhyposulfiet bevat ongeveer 10 tot 15 % werkzaam chloor, zoodat een verdunning met het 19-voudige volume eveneens de bovengenoemde dosis van 5 mgr werkzaam chloor per L geeft.

In het hygiënische laboratorium van de Technische Hoogeschool te Delft werden

in 1914 goede resultaten verkregen met een zuivering en klaring van grachtwater met natriumhypochloriet (of chloorkalk) en aluminiumsulfaat. (Zie Dr. J. D. Ruys, Chemische zuivering van drinkwater met hypochlorieten. Uitg. Nygh & van Ditmar, Rotterdam). Hierbij werd geroerd, totdat de melkachtige kleur van het water verried, dat het aluminiumhydroxyde zich had afgescheiden.

Dan werd het reservoir 6 uur aan zichzelf overgelaten. Een uur, nadat de toevoeging van natriumhypochloriet had plaats gevonden, werd onderzocht, of de benoodigde restconcentratie (10 mG per Liter) aanwezig was. Daarna werd gefiltreerd., Ten slotte werd het nog aanwezige hypochloriet omgezet door toevoeging van een berekende hoeveelheid calciumbisulfiet. De uitkomsten van het bacteriologisch onderzoek waren zeer gunstig. Terwijl het oorspronkelijk water ongeveer 1 000 000 bacteriën per cM^3 bevatte, was dit aantal in drie verschillende proeven gedaald tot resp. 9, 4 en 10 per cM^3 (gelatine 22° C). De gistingsproef van *Eijkman* (46°), zoowel primair als secondair, was in alle drie gevallen voor het ongezuiverde water positief, voor het gezuiverde negatief (het water was dus ziektekiemvrij).

Een ander proces is dat, waarbij het ruwe water gedurende of onmiddellijk na de bezinking van de onopgeloste bestanddeelen wordt behandeld met een oplossing, bevattende chloorkalk en dan met een van ferrichloride. Daarbij vinden de volgende reacties plaats:

$$6\ CaOCl_2 + Fe_2Cl_6 = 6\ CaCl_2 + Fe_2O_3 + 3\ Cl_2O.$$
$$3\ Cl_2O = 3\ Cl_2 + 3O.$$

Het chloor verdwijnt vanzelf na eenigen tijd, zoodat het water geen voor het lichaam schadelijk chloor meer bevat.

Wat het gebruik van *vloeibaar chloor* betreft, daartoe zijn speciale apparaten noodig, zoodat het gebruik alleen in het groot wordt toegepast.

Het *electrolytisch verkregen chloor* eischt een electrische stroom, waarmede beter ozon kan worden verkregen, daar dit de meest krachtige desinfectans is. Anders is het vormen van hypochlorieten uit een zoutoplossing aangewezen.

Een nieuwe chloorverbinding is het ,,halazone'' van *Dakin* en *Dunham* (p-sulfodichloraminebenzolzuur), dat in den vorm van tabletten in den handel wordt gebracht.

Bij de chloorprocessen worden in het algemeen de sporen van bacteriën niet vernietigd en blijven die, welke in de zwevende vaste stoffen zijn vervat, onaangetast. Men zal dus in het algemeen een overmaat moeten toevoegen en dan is het nog niet zeker, dat de in het water blijvende overmaat aan chloorkalk of chloride op den duur onschadelijk voor de gezondheid is. Het middel blijft dus alleen aanbevelenswaardig als tijdelijke maatregel en voor korten duur.

c. Door ozonizeering van het water.

De zoogenaamde actieve zuurstof verkregen uit de zuurstof der lucht bij ontlading van electriciteit van hooge spanning is een goed desinfectiemiddel van water. De gebruikelijke concentratiegraad van ozon is 2,5 gram in 1 M^3 geozoniseerde lucht. Het water mag geen zwevende stof bevatten en geen te groote hoeveelheid organische stof of ijzeroxyde. De pathogene bacteriën worden bij dit proces geheel gedood, terwijl het aantal bacteriën zeer sterk daalt. Het water ondergaat een verandering in smaak en kleur. De scheikundige samenstelling verandert niet in groote mate en de in het water opgeloste ozon verdwijnt na 10 minuten. Sulfaten, carbonaten en chloriden worden niet veranderd.

d. Door middel van ultraviolette stralen.

De ultraviolette stralen hebben een sterk bacteriedoodende werking, doch worden gemakkelijk door troebele en gekleurde, vooral echter door colloïdale stoffen geabsorbeerd. Daarom hebben de proeven om melk en andere troebele vloeistoffen te steriliseeren, geen gunstig resultaat opgeleverd. Op het oogenblik zijn slechts weinig groote proefinstallatiën voor het steriliseeren van water in bedrijf, zoodat over deze methode nog geen definitief oordeel kan worden geveld. Ultraviolette stralen worden opgewekt door de kwarts-kwikdamplamp. De desinfecteerende werking van het zonlicht wordt ook aan deze stralen toegeschreven. De hoedanigheid van het water, wat betreft smaak, reuk, temperatuur en chemische bestanddeelen, wordt niet veranderd. In het algemeen is voor deze sterilisatie meer electrische energie noodig dan bij ozonisatie.

e. Door middel van *kaliumpermanganaat en kopersulfaat.*

Volgens den centralen gezondheidsraad kan men verdacht drinkwater voor tijdelijk verblijfhoudende personen onschadelijk maken volgens de methode van *Kunow*, waarmede hier te lande door *Prof. Eijkman*, Utrecht, proeven zijn verricht en die door laatstgenoemde eenigszins is gewijzigd.

De toepassing in de practijk geschiedt als volgt:

Een houten waschkuip van 100 à 150 L inhoud wordt op een verhevenheid (tafel, kist of iets dergelijks) geplaatst, nadat tevoren in een der duigen een paar cM boven den bodem een gat is geboord, waarin een kraan wordt geslagen. De kuip wordt nu met het te reinigen water gevuld, daarbij het grove vuil door een doekje tegenhoudend. Men voegt nu per 100 L 5 gram toe van een mengsel van 3 gew. dln. kaliumpermanganaat en 2 gew. dln. kopersulfaat (sulfas cupri venalis). Deze beide stoffen moeten tevoren tot poeder zijn gewreven en daarna goed zijn gemengd; bij gebruik wordt dit mengsel eerst in een kleine hoeveelheid water opgelost en daarna aan de groote massa water toegevoegd. Er moet nu goed worden geroerd, waartoe men het beste gebruik maakt van een houten lat, aan welks uiteinde een kruis van twee dunne smalle plankjes is bevestigd. Men laat nu het water rustig staan gedurende minstens 5 uren; de kuip wordt met een doekje gedekt. Na afloop van dezen tijd voegt men onder voortdurend roeren een verzadigde oplossing van ijzersulfaat (ijzervitriool, sulfas ferrosus venalis) toe. Er ontstaat nu een troebeling en de roode kleur gaat langzamerhand in een bruine over; men kan zich hiervan gemakkelijk overtuigen door in een wit kopje of dito schoteltje wat van het water te scheppen. Men moet met de ijzersulfaattoevoeging zoo lang doorgaan, totdat geen roode kleur meer is waar te nemen; de practijk leerde, dat men bij bestaanden twijfel de toevoeging moet staken. Voor het water der Utrechtsche grachten had men ongeveer 20 cM³ der koud verzadigde oplossing van ijzervitriool per 100 L water noodig.

Gedurende een half uur laat men de nu ontstane vlokken bezinken, waarna men uit de kraan een licht geel gekleurde, zwak troebele vloeistof kan tappen. Dit water moet nu door filtratie worden geklaard. Dit kan op de volgende twee wijzen geschieden:

1. Een zoogenaamd Ulax-filter, dat voor het zeven van melk ook hier te lande veel wordt gebruikt, wordt van een dikke laag ontvette watten (Brunnsche watten) voorzien en op den daarbij passenden emmer geplaatst of onder de kraan opgehangen. Dit laatste geschiedt het best door op de kuip een lat te bevestigen, die aan de zijde, waar zich de kraan bevindt, uitsteekt; aan deze lat wordt het filter door middel van een touw of metaaldraad opgehangen. Onder het filter wordt een emmer of een ander vat geplaatst ter opvanging van het gefiltreerde water. Op deze wijze verkrijgt men aanvankelijk 10 liter volkomen helder smakeloos en reukeloos water in 5 minuten, terwijl deze tijd langzamerhand toeneemt, maar toch ook voor het onderste uit de kuip niet meer dan 10 minuten bedraagt. Wordt de filtreersnelheid te klein, dan vervange men de watten door nieuwe.

2. In den bodem van een blikken emmer worden een aantal gaatjes geslagen, de geperforeerde bodem wordt met een niet te dicht geweven lapje (b.v. een stuk van een kaasdoek) bedekt en daarop wordt een laag zand (bij voorkeur grof metselzand, dat tevoren in een ijzeren pot of pan sterk is verhit) ter dikte van 3 à 4 cM gebracht. De emmer wordt nu op dezelfde wijze als dit voor het Ulaxfilter is opgegeven, onder de kraan gehangen en boven in den emmer wordt een breed plankje horizontaal geklemd, om daardoor het toestroomende water over de oppervlakte van de zandlaag te verdeelen.

Onder dezen filteremmer wordt een andere gelijksoortige geplaatst ter opvanging van het gezuiverde water, het eerst doorloopende water is soms niet geheel helder. Men schenke dit dan in de kuip terug, doch zeer spoedig wordt ook op deze wijze een volkomen helder reuk- en smakeloos product verkregen, terwijl ook hierbij de snelheid wisselt tusschen 5 en 10 minuten per 10 liter. Wordt bij deze zandfiltratie de snelheid te klein, dan kan men het zand door nieuw vervangen of men kan het gebruikte zand schoonwasschen. Voor dit laatste doel, plaatst men den filteremmer, voor een groot deel gevuld, in den emmer voor het gezuiverde water en roert nu met een stokje het zand goed om en schenkt daarna het boven het zand staande water af, waarna men den zandlaag weer gelijk maakt.

Werkende volgens de hier aangegeven methode wordt water verkregen, waarin eventueel aanwezige ziektekiemen onschadelijk zijn gemaakt. Koper kan in dit water niet meer worden aangetoond.

Volledigheidshalve moge hieraan worden toegevoegd, dat door de beschreven methode brak water niet in zoet water wordt veranderd.

f. Door toevoeging van zuren.

Zuren zooals citroenzuur kunnen de bacillen dooden. *Riegel* en *Liefmann* hebben de werking van citroenzuur op cholera-, typhus- en dysenterie-bacillen bestudeerd. 0,6 % citroenzuuroplossing overeenkomende ongeveer met een limonade van 1 citroen

op ½—¾ L water, doodde de cholerabacillen in een half uur, de dysenteriebacillen in 6 uur en de typhusbacillen in 24 uur. Bestraling door de zon verhoogt de doodende werking aanmerkelijk.

Desinfecteeren van water.

In geval van epidemie, welke moet worden toegeschreven aan besmetting van verbruikswater, kan men de leidingen, putten, enz. desinfecteeren met een 0,2 % oplossing van kopersulfaat. Ook door het inleiden van gecomprimeerden stoom van 5 atmosfeer kan de inhoud van een put tot het kookpunt worden gebracht en gedesinfecteerd.

Te Semarang werd in den choleratijd van 1910 door Dr. de Vogel het volgende recept gegeven voor het desinfecteeren van het water in putten, enz:

Men neme 1 katti (600 gram) ruw kopersulfaat en lost dit op in 6 ajerblanda flesschen (3 liter) water, liefst in een aarden pot of groote flesch. Vóór het op te lossen moet het worden fijn gestampt en op een doek gedaan. Dezen doek houde men boven den pot, giete vervolgens warm water over het ruwe kopersulfaat, zoodat de oplossing gefiltreerd wordt.

250 gram dezer oplossing (= ⅓ wijnflesch) is genoeg om 1 M³ (55 petroleumblikken) water te zuiveren, dat is een put van gemiddelde grootte.

Het mengen geschiedt het best door een halven emmer water op te scheppen, hierin de noodige hoeveelheid kopersulfaatoplossing te doen en vervolgens den inhoud van den emmer spoedig in den put te storten. Daarna laat men den emmer in het water zakken en beweegt dezen snel op en neer, zoodat alles zich goed mengt. Binnen 24 uur is het water zuiver. Het water moet om den anderen dag op die wijze worden behandeld. Direct na de behandeling is het water troebel. Dit beduidt evenwel niets.

Met een oplossing van geelbloedloogzout kan ter contrôle worden nagaan, of het water op deze wijze behandeld is.

Uitgebreide drinkwatervoorzieningen.

Waterverbruik uit drinkwaterleidingen van steden.

Het waterverbruik uit de drinkwaterleidingen in ons land bedroeg in 1911 per inwoner van 19,39 (Heemstede) tot 119,38 L per dag (Dordrecht) en per verbruiker van 31,2 (Vianen) tot 162 L per dag (Boskoop).

Gemiddeld kan men stellen 30—50 L per dag voor de kleinere plaatsen en 50—120 L per dag per inwoner voor de grootere steden. (Zie ook het statistiek overzicht der waterleidingen in Nederland).

Ned.-Indië.

In Ned.-Indië rekent men in de groote steden voor

een Europeaan	120—150 L	per dag
een Chinees	80—100 L	,, ,,
en een Inlander of Arabier	50 L	,, ,,
Inlanders in de dessa . . .	15 L	,, ,, (openbare hydranten)

Jaarlijksch, maandelijksch en dagverbruik.

Het jaarverbruik hangt van het klimaat af en is het kleinst in de koude jaargetijden. In den winter op 1 gesteld, wordt het verbruik in Europa in den zomer tot 3 maal en gemiddeld 1,5 tot 2 maal die hoeveelheid. De maand Februari telt in N. Europa als het minste verbruik en men heeft voor de zomermaanden (Juni, Juli of Augustus) het maximum met 1,2 à 2,6 maal die hoeveelheid of met ongeveer 1,3 maal het gemiddeld maandverbruik.

De veranderingen van het waterverbruik in den loop van een week zijn in Nederland zoodanig, dat dit op Zondag het minst en op Zaterdag het grootst is. Wordt het gemiddelde dagverbruik per week op 1 gesteld, dan bedraagt het op Zaterdag in Nederland ongeveer 1,1 tot 1,2. Het maximum dagverbruik bedraagt voor Duitsche steden ongeveer 1,5 à 1,6 maal het gemiddeld dagverbruik.

Het uurverbruik per dag wisselt sterk en is op de middaguren het grootst en 's nachts zeer gering. De wisseling is voor plattelandsgemeenten sterker dan in groote steden. Zij bedraagt 7 à 10 maal het kleinste uurverbruik, terwijl het maximum uurverbruik in Duitschland 1,5 à 1,7 maal het gemiddeld uurverbruik bedraagt. In Nederland is het maximum uurverbruik ongeveer 5 à 10 % van het dagverbruik. In warme streken is dit cijfer hooger, in Ned.-Indië is bovendien tengevolge van het groote verbruik

aan badwater tweemaal per dag in de morgen- en late middaguren met een maximum uurverbruik rekening te houden.

Benoodigde hoeveelheid drinkwater voor een plattelandsgemeente.

Verbruikswater in *woonhuizen* voor drinken, koken en wasschen per hoofd per dag . . . . 50—60 L
als uiterst minimum 30 Liter.

Voor vee, drinken en reinigen, groot vee	50—60 ,,
,, ,, ,, ,, ,, klein vee	10—20 ,,
,, het melken, reinigen der vaten, machines, enz:	
,, elke honderd L melk	400—500 ,,
,, scholen per dag per leerling	2—3 ,,
,, ziekenhuizen per zieke per dag	100—150 ,,
,, het reinigen van voertuigen per voertuig per dag	200 ,,
,, slagers voor elk stuk geslacht vee, groot vee	300—400 ,,
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, klein vee	150—200 ,,
,, besproeiing van straten en tuinen per M²	1 ,,
,, brandweer bij het spuiten per minuut:	
bij 7,5 mM mondstukwijdte	70 ,,
,, 10 ,, ,, ...	130 ,,
,, 12 ,, ,, ...	200 ,,
,, 15 ,, ,, ,, ...	300 ,,
of per hydrant met 2 brandslangen per minuut	300—400 ,,

en als minimum 150 liter per minuut.

Het maximum uurverbruik bedraagt ongeveer 10 % van het dagverbruik; bij het ontwerpen liefst op 20 % te rekenen.

Benoodigde hoeveelheid water in steden.

Voor de hoeveelheid water in steden moet men meer rekenen en kunnen de volgende cijfers dienen per dag per hoofd:

In *woonhuizen*:

per dag per hoofd verbruikswater aan drinken, koken en wasschen .	15—30 L
,, ,, ,, ,, bewassching	10—15 ,,
,, ,, ,, ,, een closet	8—15 ,,
,, ,, ,, ,, een kuipbad	350 ,,
,, ,, ,, ,, een zitbad	30 ,,
,, ,, ,, ,, een douche	40—80 ,,
tuin- en hofbesproeiing per M²	1,5 ,,
Voor *stalling*:	
een paard, drinken en reinigen per dag	50 ,,
een wagen reinigen.	200 ,,
Voor *scholen* per dag per leerling:	2—3 ,,
ziekenhuizen per zieke per dag	200—500 ,,
badinrichtingen met kuip- en douche-inrichtingen per bad	500 ,,
kazernen per man per dag	35—40 ,,
per paard per dag	50 ,,
wasscherijen per KG wasch	40—60 ,,
slachthuizen per stuk geslacht vee per dag	300—400 ,,
markthallen per M² per marktdag	5 ,,
stations per locomotief	10 000 ,,
voor straatbesproeiing per M² klinker- en keiwegen	1 ,,
,, ,, steenslag en grintwegen	1,5 ,,
parken per M²	1,5 ,,
urinoirs per uur tot	200 ,,

Te Rotterdam bedroeg het waterverbruik per etmaal (1907) gemiddeld:

voor een elevator	0,1 M³
,, ,, intermitteerend closet	0,1 ,,
,, ,, koffiehuis	0,5—3 ,,
,, ,, bierhuis	0,4—1,6 ,,
,, ,, laboratorium	0,9 ,,

voor een melknering	2,1—3,3 L
,, ,, chocoladefabriek	1,8 ,,
,, ,, bakkerij	2,1 ,,
,, ,, stalhouderij	0,4 ,,
,, ,, hulpziekenhuis	21 ,,
,, ,, stoomgemaal	16—25—30 ,,
,, ,, school	2,3 ,,
,, ,, openbaar privaat	28—32 ,,
,, ,, ziekenhuis aan den Coolsingel	373 ,,

Het buizennet.

Het buizennet kan worden gevormd door een doorgaande hoofdbuis, welke zich vertakt (het zg. *vertakkingsstelsel*) of volgens het zoogenaamde *circulatiestelsel* worden aangelegd, waarbij de zijleidingen met elkaar worden verbonden door nevenleidingen van minstens 80 mM wijdte. Bij het eerste stelsel vallen de leidingen korter uit, maar heeft men het bezwaar van doode einden, welke geregeld moeten worden gespuid en waarin het water zijn frischheid verliest.

Het geheele net moet door afsluiters in gedeelten van 300—500 meter lengte worden verdeeld. In de laagste punten worden slikkasten met aflaatkranen ingebouwd in de hoogste punten worden luchtventielen aangebracht, welke verbonden worden aan een afsluiter (dikwijls met handkraan) om in geval van herstelling te kunnen worden uitgeschakeld. Het luchtventiel kan ook door een huisaansluiting worden vervangen, welke van het hoogste punt der leiding uitgaat.

Leidingen, welke in het bijzonder aan aangroeiing onderhevig zijn, krijgen nog revisie- of ontstoppingsstukken, welke in gemetselde schachten toegankelijk zijn. De leidingen worden op vorstvrije diepte van 1,25 tot 1,5 M gelegd.

Om de dagelijksche wisselingen in het waterverbruik te vereffenen en om den benoodigden druk in het leidingsnet te handhaven, worden hoogreservoirs gebouwd, welke zoo hoog moeten liggen, dat aan het uiterste punt van het net nog minstens 20 M waterdruk boven de weghoogte aanwezig is. De inhoud der reservoirs wordt naar behoefte bepaald en bedraagt veelal $^1/_7$ tot $\frac{1}{2}$ van het maximale dagverbruik.

Bij de berekening der leidingen gaat men uit van een snelheid van 0,8 tot 1,00 M per secunde, terwijl de minimum snelheid liefst niet minder dan 0,25 M moet bedragen.

De doorsnede der drukleiding is afhankelijk van de hoogte van het hoogreservoir en van de af te voeren waterhoeveelheid. Bij het grootste waterverbruik zal het water bij de hoogstgelegen huizen nog 15—20 Meter hoog moeten kunnen worden opgevoerd. Heeft het van water te voorziene gebied wezenlijk van elkaar onderscheiden hoogteligging, dan kan het voordeelig zijn, dit in twee of meer afgescheiden netten met afzonderlijke hoogreservoirs te verdeelen. In het pompbedrijf geeft de verdeeling in verschillende drukzones ook een belangrijk voordeel.

Grooter druk dan 7 atm. in de buisleidingen is liefst niet toe te laten; door middel van drukreduceerventielen kan de druk van een lager gelegen gebied worden verminderd.

Bij de bepaling der doorsnede der buisleidingen moet ook rekening gehouden worden met het mogelijke verbruik van de hydranten ingeval van brand. Leidingen, welke tot voeding van hydranten dienen, moeten minstens 80 mM wijd zijn.

Is het niet mogelijk het hoogtereservoir zoo aan te leggen, dat bij een snelheid van ongeveer 1,00 M per sec. de benoodigde waterdruk in het gebied wordt bereikt, dan kan men geringere snelheid voor de berekening nemen, evenwel met meerdere kosten van aanleg van het net.

Het drukverlies is te bepalen in de hoogste en laagste punten van het net, aan de einden en aan de aftakkingen, waarbij de drukkingslijn in het ongunstigste geval wordt bepaald. Geringer middellijn dan 80 mM wordt voor straatleidingen niet genomen.

Aansluiting aan het leidingnet van gebouwen.

De *toevoerleidingen* naar de gebouwen neemt men van lood of van gegalvaniseerd ijzer; die in de gebouwen ook wel van zinken buizen (in den laatsten tijd).

De looden buizen zijn inwendig vertind of zg. mantelbuizen, bestaande uit 1 mM dikke tinnen buizen met loodmantel. Veel soorten drinkwater voornl. de zachte hebben de eigenschap in zekere mate het lood op te lossen. Water met een gehalte van 0,35 tot 0,50 milligram lood per liter is nog onschadelijk. Verzinkt ijzeren buizen voldoen goed, wanneer de verzinking goed is geschied, anders treedt spoedig roesten

in. Zinken buizen zijn minder schadelijk, daar zink alleen voor de gezondheid schadelijk werkt, wanneer het gehalte van 50 tot 100 mgr per liter overschreden wordt.

De wijdte der toevoerleidingen wordt bij geringer lengte dan 30 M genomen als volgt:

voor aansluiting van	1	tapkraan van 10—20 mM	wijdte minstens 15 mM
,, ,, ,,	2—20	,, ,, 10—20 ,,	,, ,, 25 ,,
,, ,, ,,	1—40	,, ,, 10—20 ,,	,, ,, 30 ,,
,, ,, ,,	41—60	,, ,, 10—20 ,,	,, ,, 40 ,,
meer dan	60	,, ,, 10—20 ,,	,, ,, 50 ,,

Bij grootere lengte is de toevoerleiding wijder te nemen; bij meer dan 35 M druk kan zij nauwer uitvallen. Voor gewone huisaansluiting is 20 mM voldoende, voor grootere woonhuizen met tuinen, closets enz. 25 mM.

De leidingen worden het best aan de hoofdleiding verbonden door middel van een buisbeugel, waarin een mondstuk wordt ingeschroefd. De hoofdkraan, welke de toevoerleiding van de hoofdleiding afsluit, wordt zoo dicht mogelijk bij de hoofdleiding aangebracht. Het aanboren van de hoofdleiding, terwijl deze onder vollen druk staat, kan geschieden met daarvoor ingerichte boorapparaten.

Nabij den voorgevel binnen in het gebouw wordt een tweede hoofdkraan aangebracht vóór den watermeter, waarachter een aftapkraan voor het water uit de binnenleiding ingeval van vorst.

Binnenleidingen:

De horizontale gedeelten der binnenleiding moeten zoo vlak mogelijk liggen om luchtzakken te vermijden. Waar de leidingen moeten worden ingemetseld, zijn zij het best met vilt te omwinden, daar kalk en cement het lood aantasten.

De wijdte der aanvoerleiding bedraagt voor

waschtafels	15 mM
badkuipen	20 ,,
brandkranen in fabrieks- en dergelijke ruimten	50 ,,
,, in woonhuizen.	25 ,,
sproeikranen	25 ,,
tapkraantjes aan fonteinen en waschbakken	13 ,,
spoelreservoirs van closets	13 ,,

Eigen drinkwatervoorziening voor woningen, enz.

Het drinkwater werd in vroeger jaren en wordt op vele plaatsen b.v. in Friesland nog verkregen door het verzamelen ven regenwater in regenbakken (van 4 à 5 M³ inhoud per gezin) of wel door het maken van welputten, welke door het van onder opkomende water worden gevoed en bestaan uit hout of steen. Hoe dieper de welput is en hoe dichter de wanden er van zijn, hoe beter het water is.

Tegenwoordig slaat men veel z.g. Nortonwellen, welke bestaan uit gegalvaniseerde ijzeren pijpen, lang 10 tot 20 Meter met een puntstuk van kopergaas voorzien, welke in den grond worden geheid en waaraan later een handpompje bevestigd wordt. Een welpijp van 60 mM wijdte is in den regel voldoende om 7 M³ water per uur op te brengen. Bij meerdere pijpen moeten deze een onderlingen afstand van minstens 1,20 M bekomen. De boveneinden worden dan aangesloten op een wijdere pijp. Om de fijne zanddeeltjes af te scheiden kan men een zoogenaamden luchtketel aan de welpijp verbinden, waaraan de zuigpomp ongeveer 10 cM lager wordt verbonden.

De kosten van het maken van een Nortonwel bedroegen vóór den oorlog als volgt: (voor een diepte van ongeveer 15 Meter)

een puntstuk met kopergaas	f 8,—
gegalv. ijzeren pijp lang 12 Meter à f 2,25	- 27,—
koperen pomp met toebehooren	- 10,—
indrijven van de pijpen	- 25,—
stellen en bekleeden van de pomp	- 15,—
Samen . . .	f 85,—

Bij het slaan worden niet altijd goede resultaten verkregen, doordat de aanwezigheid van ijzer, organische stoffen e.d. het water ongenietbaar maken of wel doordat het geperforeerde ondereinde verteerd of verstopt raakt. Soms mislukt ook het slaan der pijpen, omdat de punt niet bestand is om de harde grondlaag te doordringen.

Betere werkwijze is het boren van de pijpen, waarbij men 10 tot 20 cM wijde pijpen bezigt, waarin een gegalv. of geasphalteerd ijzeren bronbuis van ± 5 cM wijdte wordt gelaten, welke van onderen van een koperen filtergaas wordt voorzien. De boorbuis

wordt daarna geheel of gedeeltelijk uitgetrokken. In het laatste geval blijft de boorbuis van 15 à 20 cM middellijn deel uitmaken van de zoogenaamde pijpwel. De bronbuis wordt aan een pomp verbonden.

In veenstreken gebruikt men ook eikenhouten buizen, welke langer stand houden dan ijzeren.

Het boren geschiedt volgens het droge of pulssysteem (meest bij kleine putten) en volgens het spoelsysteem. Bij de eerste werkwijze wordt de grond uit de boorbuis gelost door middel van een zware puls met klep, welke men door middel van een staaldraadtouw in de buis laat vallen. Hardere grondsoorten moeten daarbij eerst worden losgeboord. Bij de tweede werkwijze wordt door de boorpijp water geperst, dat de grond loswerkt en medevoert. Het bezwaar bij de tweede werkwijze is, dat dag en nacht moet worden doorgewerkt en het opzetten der buizen eenige handigheid vereischt.

De kosten van een kleine pijpwelinstallatie bedroegen bij ijzeren boorbuis en een boordiepte van ± 40 Meter totaal ongeveer f 230—f 320 of per Meter boring f 6 à 8. bij een prijs der gegalv. ijzeren bronbuis van f 1,50 à 1,75 per Meter en van de filterbuis van koper met dubbel vertind kopergaasbedekking van f 12 à f 15. Men kan tot groote diepte water boren. In het algemeen mogen de zuigbuizen, welke gedeeltelijk in het water en in de lucht hangen, niet van lood zijn, daar het in de lucht gevormde loodoxyde in het water oplost en voor de gezondheid schadelijk is. Het beste zijn gegalv. ijzeren buizen.

Om alle deelen van het huis van water te kunnen voorzien, kan het water worden geperst in een op zolder gelegen reservoir. Beter is het gebruik van een koudwatervoorziener, bestaande uit een hermetisch gesloten in- en uitwendig gegalvaniseerd ijzeren waterreservoir of ketel (fig. 1) in den kelder of een vorstvrije plaats opgesteld, vanwaar de hoofdaanvoerleidingen uitgaan. Door een zuig- en perspomp (vleugelpomp) wordt het water in den ketel gevoerd, waardoor de lucht wordt samengeperst en den noodigen druk geeft.

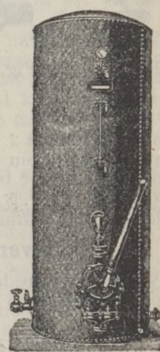


Fig. 1.

Prijzen van hoogdruk koudwaterketels (fig. 1):

Inhoud van den ketel in Liter. . .	880	1576	1963	4300
Wijdte der buisaansluitingen in mM	25	32	32	38
Prijzen in Gld (1912)	228	322	468	771

Prijzen van waterleidingonderdeelen (1914).

Voor looden, ijzeren- en andere pijpen, zie bij „Buizen, pijpen, enz." bldz. 635.

Kranen en muurplaten.



Fig. 2.

Tapkranen (zwaar model) (fig. 2).

	³/₈	½	¾	1	1¼	1½	2	Eng. dm.
Geel koper	f 0,65	0,85	1,40	2,40	5,20	6,75	11,—	per stuk

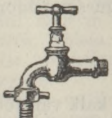


Fig. 3.

Slangkranen. (fig. 3).

Met buitendraad	³/₈	¼	¾	1	1¼	1½	2	Eng. dm.
zonder slangkoppeling	f 0,85	1,—	1,60	2,55	5,65	7,35	13,70	per stuk.
met slangkoppeling	- 1,10	1,20	1,75	2,90	6,85	9,25	16,50	„ „

Stopkranen met 2 gladde einden. (fig. 4).

½	¾	1 Eng. dm.
f 0,70	1,10	1,60 per stuk.



Fig. 4.

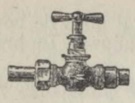


Fig. 5.

Stopkranen met koppeling en schroefbus. (fig. 5).

	3/8	½	¾	1	1¼	1½	2	Eng. dm.
Ruw	f 0,95	1,10	1,65	2,70	5,80	7,55	13,30	per stuk.
Gepolijst	- 1,15	1,40	2,10	3,40	6,30	8,20	14,25	,, ,,



Fig. 6.

Koperen muurplaten met zij-inlaat. (fig. 6).

	3/8	½	¾	1	1¼	1½	2	Eng. dm.
Ruw	f 0,20	0,22[5]	0,35	0,80	1,65	2,25	3,80	per stuk.
Gepolijst	- 0,30	0,35	0,55	1,05	2,—	2,90	4,50	,, ,,

Mainkranen.



Fig. 7.

	3/8″	½″	¾″	1″	1¼″	1½″	2″
Plugafsluiters (fig. 7) met twee buitendraden Prijs	f 0,67	0,97	1,57	2,52	5,48	6,64	13,28
Idem met halve kopeling (fig. 8) Prijs	- 0,93	1,26	1,96	3,45	—	—	—



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

Koppelingen.

	3/8″	½″	¾″	1″	1¼″	1½″	2″
Koppelingen met 2 vertinde einden (fig. 9)	0,23	0,30	0,59	0,88	1,46	2,08	3,37
Halve koppelingen (fig. 10)	0,13	0,17	0,34	0,45	0,60	1,05	1,35
Koppelingen met binnendraad en vertind einde (fig. 11)	0,16	0,23	0,30	0,45	1,15	1,50	3,45
dito met buitendraad en vertind einde (fig. 12)	0,28	0,38	0,60	0,80	1,45	2,—	3,82

Zuivering van water voor technische doeleinden.

Verschillende bedrijven en fabrieken stellen bijzondere eigenschappen aan het water zooals het ijzervrij zijn, zachtheid, enz.

Het zachter maken van water.

Voor ketelvoeding, enz. is een zacht water voordeelig, zoo niet vereischt. Bij koking van het water worden de bicarbonaten ontleed en omgezet in de onoplosbare carbonaten van de metalen, die zich op den ketelwand afzetten, terwijl ook door meerdere concentratie van de zouten afzetting van deze plaats vindt en door al deze oorzaken ketelsteen gevormd wordt. De chloriden, welke in ruime hoeveelheid in het water mochten aanwezig zijn, worden verder gehydrolyseerd met vrijmaking van zoutzuur, dat met den stoom medegaat en schade kan doen.

Men kan nu de hardheid van het water verminderen op verschillende wijzen:

1. *Toevoeging van kalk en soda* (natrium carbonaat). De tijdelijke of temporaire hardheid tengevolge van de bicarbonaten wordt door de kalk opgeheven als volgt:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\,CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + MgCO_3 + 2H_2O$$
$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3$$

De permanente hardheid ten gevolge van calciumsulfaat en magnesiumchloride wordt verminderd door de soda als volgt:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2\,NaCl$$
$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3.$$

Voor elken graad tijdelijke hardheid zijn dus theoretisch 10 gram kalk van 100% CaO noodig, terwijl elke milligram magnesia per L water 1,4 gram kalk van 100% CaO vereischt om 1 M^3 water zachter te maken. Elke graad permanente hardheid vereischt daarbij 19 gram soda van 100% Na_2CO_3 voor elken M^3 water. Daar natuurlijke wateren ook vrij koolzuur in oplossing bevatten en deze met de kalk zich verbindt, moet ook voor elken milligram vrij koolzuur 1,27 gram kalk van 100% CaO worden toegevoegd. Om verschillende redenen kan in de praktijk met 20 tot 25% minder dan

bovengenoemde hoeveelheden worden volstaan. Men bereikt met dit proces evenwel nooit minder hardheid dan 3 à 4° van het water. Men krijgt bij het proces evenwel een equivalente hoeveelheid natriumzouten in oplossing, die in concentratie overgaan, waardoor kristallisatie, enz. het gevolg is. Ook een overmaat van kalk en soda kan schadelijk op de ketelplaten werken.

2. *Toevoeging van enkel caustieke soda* (Na OH) kan hetzelfde resultaat als kalk en gewone soda geven, daar de chemische omzetting als volgt plaats heeft:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH = CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 4NaOH = Mg(OH)_2 + 2Na_2CO_3 + 2H_2O$$

Is dus de tijdelijke hardheid zoodanig, dat voldoende soda kan worden gevormd om de permanente hardheid op te heffen, dan is geen toevoeging van soda meer noodig.

De caustieke soda wordt algemeen gemaakt door menging van een oplossing van gewone soda met kalk, waarbij tijd gegeven wordt aan het calciumcarbonaat om neer te slaan.

3. *Toevoeging van kalk en bariumcarbonaat* kan dienen om voornamelijk het opgeloste gips uit het water te verwijderen. Het practisch onoplosbare $BaCO_3$ wordt gedurende zekeren tijd met het water in contact gehouden, waardoor de volgende werking plaats heeft: $CaSO_4 + BaCO_3 = BaSO_4 + CaCO_3$

Het voordeel der methode is, dat het $BaCO_3$ meer dan noodig aan het water toegevoegd wegens zijn onoplosbaarheid geen invloed op het gezuiverde water heeft. Het werkt evenwel schadelijk bij aanwezigheid van alkalisulfaten in het water als volgt: $Na_2SO_4 + BaCO_3 = Na_2CO_3 + BaSO_4$

4. Volgens de *Permutiet-methode* wordt een samenstelling van natrium, aluminium en siliciumzuur (z.g. zeolithen) als filter voor het water gebezigd. Daardoor worden kalk, magnesia, mangaan en ijzer aan het water onttrokken. Het permutiet kan weder worden geregenereerd door behandeling met gewoon zout. De hardheid kan hierbij tot 0° worden gereduceerd. Men krijgt er evenwel natriumbicarbonaten mede in het water.

Ontijzering van het water.

Het water, dat ijzer bevat in den vorm van ijzercarbonaat of het zure zout daarvan, is in het algemeen in verschen toestand helder, maar wordt na eenigen tijd troebel tengevolge van een bruin precipitaat, dat ontstaat door de inwerking van de zuurstof van de lucht en welke het oplosbare ijzerzout verandert in onoplosbaar ferrihydroxyde met afscheiding van kooldioxyde.

Ofschoon dit water voor de gezondheid niet schadelijk is, kan het voor technische en andere doeleinden schadelijke gevolgen hebben, zooals het aanslaan van pijpen, reservoirs, enz. Verder bevordert het den groei van ijzerbacteriën, welke het ijzer aantasten, het water een metaalsmaak en zwavelwaterstofreuk geven.

Ontijzering wordt in die gevallen noodig bij een paar tiende gedeelten of meer van een milligram ijzer. Het ijzer kan worden afgescheiden op drie wijzen:

1. door contact met vrije zuurstof (uit de lucht), door doorluchten en filtreeren.
2. in geval van aanwezigheid van het zure zout door toevoeging van kalk, dat door neutralisatie van het koolzuur, het ijzer neerslaat.
3. is het ijzer aanwezig in colloïdalen vorm, dan kan dit door toevoeging van aluminiumsulfaat of ferrichloride worden neergeslagen.

Het in aanraking brengen met de lucht kan geschieden door het water in den vorm van regen door de lucht te laten vallen, in cascades, door geperforeerde bakken, in cokes, over hout, over klinkers, over geglazeerde steen of op andere wijze.

De filtratie van het water geschiedt op verschillende wijzen. In het algemeen zijn zand en grint de beste materialen daarvoor; het hangt daarbij veel van de afmetingen der zand- of grintkorrels af.

Onder de verschillende ontijzeringsmethoden met toevoeren van lucht en filtratie vindt men in Duitschland voornamelijk de systemen Piefke (het oudste), Oesten, Kurth, Thiem, Kröhnke, Lanz, Jewell, Voran, enz.

De inrichtingen kunnen open of gesloten zijn, beide hebben evengoede resultaten gegeven.

Goede ontijzeringsinrichtingen geven water, dat in het algemeen niet meer dan 0,1 milligram ijzer per liter bevat.

De kosten van ontijzering bedragen in een aantal Duitsche steden van 0,05 tot 0,5 per M^3. Voor het ontijzeren in het klein zijn ontijzeringstoestellen in den handel, welke van hand- of vleugelpomp voorzien, te verkrijgen waren voor f 135 à f 300.

In veenstreken voldoet als ontijzeringsmateriaal in het algemeen beenderkool beter dan cokes.

Licht en verlichting.

Litteratuur.

K. Blokhuis.	Handboek voor gasfitters. 1914, met atlas. J. Noorduijn en Zn., Gorinchem.
Brender à Brandis.	De scheikunde in het gasbedrijf. Wolters. 1916.
Feltmann en Herzog.	Handbuch der Beleuchtungskunde.
Dr. L. Block.	Winke für Beleuchtungskunde.

Het licht.

Het licht wordt veroorzaakt door de werking van ethertrillingen van zeer korte golflengte op ons oog. De zichtbare gedeelten van het spectrum komen overeen met stralen van een golflengte $\lambda = 0{,}800\ \mu$ (ultrarood) tot stralen van een golflengte $\lambda = 0{,}400\ \mu$ (ultraviolet), waarin $\mu = 1$ mikron = 1/1000 mM. Stralen met grooter golflengte zijn warmtestralen; die met kleiner golflengte onderscheiden zich door sterke chemische en electrische werking. Onze lichtbronnen zenden overwegend stralen van grooter golflengte dan 0,4—0,8 μ uit, en zijn dus voornamelijk warmtestralen, dus verre van het ideale is bereikt. De als licht verbruikte energie is bij onze lichtbronnen in verhouding tot de totale hoeveelheid energie dan ook zeer gering; de volgende tabel geeft deze verhouding aan, waarbij voor 1 Hefnerkaars per sec. theoretisch een hoeveelheid energie is aangenomen van 0,04532 gr. calorie.

Lichtbron.	Lichteffect %	Warmteverlies %
Lichtgas (gew. brander) . . .	0,40	99,60
Siemens regeneratief brander.	0,70	99,30
Auerbrander	1,88	98,12
Spiritusgloeilicht	1,53	98,47
Petroleumlamp	0,51	99,49
Acetyleen	1,83	98,17
Electr. gloeilicht	5	95
,, booglicht	19	81

Lichteenheden.

De internationale lichteenheid is de Hefnerkaars (H K) d. i. een amylacetaat-lamp, waarbij de lichteenheid volgens het besluit van het congres te Genève 1896, wordt bepaald naar de lichtsterkte van de lamp in horizontale richting bij een vlamhoogte van 40 mM. De pit is van zacht katoen, pitdiameter uitwendig 8,3 mM, inwendig 8 mM, pitlengte 25 mM. Veelal vindt men nog de afkorting NK van de vroegere normaalkaarsen.

In *Engeland* wordt als lichteenheid gebruikt de normale spermacetiekaars, welke bij 44,5 mM vlamhoogte 120 grain (7,78 gram) spermacetie per uur verbrandt. De in 1810 door Parlementsbesluit omschreven kaars van spermacetie is ongeveer gelijk aan 1,12 HK. Als lichteenheid (Standaardkaars) dient ook de Vernon Hartcourt'sche pentaanlamp, welke gelijk staat met 1,11 Hefnerkaarsen bij 760 mM barometerstand en 0,8% waterdampgehalte van de lucht.

Het *Parijsche* gas wordt bepaald naar de lichtsterkte van een Carcellamp (moderateurlamp), welke 42 gram zuivere raapolie per uur verbrandt en gelijk is aan 10,75 Hefnerkaarsen.

Duitschland had vroeger als normaalkaars de zoogen. ,,Vereinskerze," bestaande uit zuivere paraffine, met 20 mM middellijn en 50 mM vlamhoogte (lichtsterkte 1,162 H.K.)

Verband tuschen de verschillende lichteenheden volgens de Internationale Lichtmeetcommissie:

Hefnerkaars.	Vereinskaars.	Engelsche kaars	Carcelkaars.
1	0,833	0,915	0,093
1,20	1	1,098	1,112
1,095	0,912	1	0,102
10,755	8,95	9,80	1

Verder heeft men de in 1884 door de Commission internationale des Unités électriques te Parijs vastgestelde Platinaeenheid of Violle d.i. de door 1 cM² oppervlak van gesmolten platina in loodrechte richting uitgestraalde lichthoeveelheid bij de stollingstemperatuur. Het $^1/_{20}$ deel van deze eenheid heet ,,Bougie décimale" of ,,Pyr". Zij is moeilijk te reproduceeren, maar is sinds 1 Juli 1909 door het Bureau of Standards te Washington, de National Physical Laboratory in Engeland en het Laboratoire Central d'Électricité te Parijs aangenomen. De lichtsterkte der Viollesche eenheid is ongeveer 19 HK en 1 Bougie décimale practisch ongeveer 1 HK.

Het meten van de lichtsterkte.

Bij het meten van licht wordt uitgegaan van het beginsel, dat de intensiteiten van het licht van door twee lichtbronnen verlichte gelijksoortige vlakken zich omgekeerd verhouden als de kwadraten van de afstanden van deze vlakken tot de lichtbronnen De meting geschiedt met behulp van de photometerbank (*Bunsen-Foucault*).

Aantal uren over het geheele jaar, waarbij op onze breedte verlichting noodig is.

Met inbegrip van Zon- en Feestdagen zijn noodig *)

Van Zonsopgang tot:	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December	Totaal
4 uur 's morgens	137	98	71	28	2	—	—	16	48	80	110	137	727
5 ,, ,,	106	70	40	3	—	—	—	—	18	49	80	106	472
6 ,, ,,	75	42	9	—	—	—	—	—	—	18	50	75	269
7 ,, ,,	44	14	—	—	—	—	—	—	—	—	20	44	122
Van zonsondergang tot:													
6 uur 's avonds	65	33	4	—	—	—	—	—	2	31	62	80	277
7 ,, ,,	96	61	31	4	—	—	—	14	22	62	92	111	493
8 ,, ,,	127	89	62	28	4	—	—	40	52	93	122	142	759
9 ,, ,,	158	117	93	58	29	8	13	71	82	124	152	173	1 178
10 ,, ,,	189	145	124	88	60	38	44	102	112	155	182	204	1 443
11 ,, ,,	220	173	155	118	94	68	75	133	142	186	212	235	1 808
12 ,, ,,	251	201	186	148	122	98	106	164	172	217	212	266	2 173
Gedurende den geheelen nacht	512	411	382	295	242	195	217	307	345	421	473	527	4 327

Hierbij is geen rekening gehouden met den *zomertijd*, waarbij dus des morgens een uur meer en des avonds een uur minder verlichting noodig is.

Berekening van de noodige lichtsterkte.

Als *eenheid van verlichting* geldt de meterkaars (Mk) of ,,Lux" (Lx), dat is die verlichting, welke een vlak oppervlak door een lichtbron van 1 kaarssterkte ontvangt, wanneer deze lichtbron 1 Meter van het oppervlak verwijderd is, en het licht het oppervlak loodrecht treft.

Bij 2 Meterkaarsen kan men nog moeilijk zien en bij 50 Meterkaarsen kan men als bij daglicht zien.

Volgens *Nutting* (Transact. Ill. Eng. Soc. 1916) mag voor verlichtingen hooger dan 0,6 Lux de tegenstelling in helderheid niet grooter zijn dan 100 tot 1 d. w. z. wanneer een deel van het gezichtsveld een oppervlaktehelderheid van 0,01 HK/cM² heeft geen ander deel daarvan een grootere oppervlaktehelderheid dan 1HK/cM² mag hebben. Alle electrische lichtbronnen hebben hoogere dan toelaatbare oppervlaktehelderheid. Volgens *Ives* (Electrical World 1911) zijn de oppervlaktehelderheden van een

booglamp	14500	HK/cM²
vlamboog	1000	,,
gasvullingslamp	1000	,,
gloeilamp (vacuum, ca. 1 Watt/HK)	150	,,
,, (kooldraad 3,1 ,,)	70	,,

De ervaring leert, dat men noodig heeft in:

spinnerijen . . . . 10—15 Lux

*) Ontleend aan Figée's Agenda.

weverijen	25—40	Lux
machinefabrieken	20—30	,,
werkplaatsen voor fijnen arbeid	30—40	,,
drukkerijen, teekenzalen	40—50	,,
zalen naar gelang van de grootte	20—40	,,
kantoren, winkels	25—35	,,

Gunstigste hoogte van lichtbronnen.

Verhouding van de gunstigste hoogte *h* van de lichtbron tot den straal *r* van het te verlichten horizontale cirkelvlak:	$\frac{h}{r}$	hoek α der randstralen
voor een lichtpunt	0,71	55°
,, hangend gasgloeilicht	0,70	55°
,, electrische booglamp zonder klok	0,95	46°
,, idem met klok	0,75	53°
,, gasgloeilicht	0,577	60°

Petroleumverlichting.

De gebruikelijke lampen hebben een sterk uiteenloopend lichtgevend vermogen (5—40 NK), in den regel van ongeveer 30 NK. Het verbruik per kaarssterkte is tamelijk gelijk, ook heeft de soort olie weinig invloed en blijft het vrijwel gelijk, of men de gewone Amerikaansche petroleum of geraffineerde van hoogeren prijs bezigt. Het gemiddeld verbruik kan op 0,004 L of 3,2 gram per NK per uur worden gesteld.

Een goede petroleumlamp ,,Lampe Belge" van 30 NK verbruikt in 4 uur 20 minuten 1 Liter petroleum (6 Gr. per NK uur). Bij een prijs van 30 ct. den Liter, kost zulk een lamp per uur dus 6,9 cent of per 100 NK 23 cent. Het lichteffect hangt in hooge mate af van de zorgvuldige behandeling van de pit.

Petroleumgloeilicht.

Het olieverbruik is hierbij veel minder, maar de behandeling is moeilijker dan bij de gewone lampen. De lampen zijn ook belangrijk duurder.

Voor de Lucrata lamp is het verbruik:

bij	250	kaarsen	0,1 L	petroleum per uur
,,	500	,,	0,15 ,,	,, ,, ,,
,,	1000	,,	0,17 ,,	,, ,, ,,

Gasolinegloeilicht met gasoline onder druk wordt veel in Indië gebezigd. Het verbruik is ongeveer 0,20 L per uur voor één licht van 100 N.K.

Alcohol- of spiritusgloeilicht

heeft weinig ingang gevonden. De lampen bezitten dezelfde onaangename eigenschappen als de petroleumgloeilichtlampen, hebben hooge onderhoudskosten en branden niet altijd reukeloos. Het verbruik per HK per uur is ongeveer 20 gram, hoogstens 1 gram bij groote lichtsterkte.

Luchtgasverlichting.

Luchtgas is een volkomen gelijkmatig mengsel van lucht en koolwaterstofgas. Het koolwaterstofgas wordt verkregen door vervluchtigen van gasoline (een destillatieproduct van petroleum, bevattende verbindingen als pentaan, enz.) en wel die met een soortelijk gewicht van 0,650—0,600; zwaardere soorten, zooals benzine, zijn voor gasproductie minder geschikt. Op 1 M³ lucht komt iets minder dan ½ L gasoline.

Elke fabrikant geeft het luchtgas een andere benaming als: Benoidgas, Aerogeengas, Pentairgas, Spaargas, Autogeengas, enz.

Het luchtgas is zwaarder dan lucht en heeft een duidelijk te onderscheiden zoetachtigen benzinereuk. Alleen een mengsel van luchtgas en lucht met minstens 34 % gas is ontplofbaar.

Het luchtgastoestel: Het beginsel der gasproductie bestaat daarin, dat een bepaalde hoeveelheid gasoline in een toestel wordt toegevoerd, waar de lucht is verdund. Hierdoor vervluchtigt de gasoline snel, wordt met de juiste hoeveelheid lucht vermengd en daarna onder druk gebracht. Bedrijfsdruk 130—160 mM.

Prijzen van luchtgastoestellen met inbegrip van katrollen en 100 M staaldraad (1912):

Grootte	Gasproductie per uur		Afmetingen mM			Prijs Gld.
	M^3	Aantal pitten	lang	breed	hoog	
0	1	10	775	540	1100	232
1	2	20	900	600	1300	395
2	3	30	1000	600	1350	425
3	5	50	1000	600	1600	520
4	9	90	1200	700	1850	620
5	15	150	1250	740	2000	797

De beste wijze van opstelling van het toestel is in een bijgebouw, dat mede met het hoofdgebouw verwarmd kan worden.

Leidingen: De gasleidingen worden op gelijke wijze aangelegd als die voor steenkolengas. De toevoer is over elken afstand mogelijk.

Lichtbron: In het algemeen worden gloeibranders toegepast met zeer kleine kousjes. In woonkamers worden branders gebruikt van 50 NK en een verbruik van ongeveer 100 L per uur.

Gasverbruik: Gloeilichtbranders verbruiken ongeveer 50—60 gram gasoline per uur voor een licht van 100 NK.

Gasprijs: Iedere gram gasoline is voldoende om ongeveer 4 M^3 gas te produceeren of gedurende 1 uur een lichtkracht van 1,7 tot 2 NK te voeden; alzoo elke 100 NK komt te staan op f 0,015 per uur bij een prijs der gasoline van ± f 0,50 per KG.

Toepassing: De luchtgasverlichting is zeer geschikt voor een complex van woningen, waarvan het aantal niet te groot (b.v. 100 stuks) is. Het gas kan ook worden toegepast voor kookgas en verwarming.

Acetyleengasverlichting.

Acetyleen (C_2H_2) wordt verkregen uit calciumcarbid met water.

Calciumcarbid (CaC_2) wordt bereid door samensmelting van koolstof met kalk in den vorm van houtskool en krijt. De chemische werkingen kunnen als volgt worden aangegeven

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO$$
$$CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(O\,H)_2 + C_2H_2.$$

De beste bereidingswijze van acetyleen is door calciumcarbid in water te werpen en niet omgekeerd.

Goede carbid geeft per KG 300 Liter acetyleengas (theoretisch 348 Liter gas). Het ruwe gas bevat nog ± 1,3% zwavelwaterstof, 0,8—1,7% phosphorwaterstof en 0,1—2,8% ammoniak.

Na aftrek van verliezen door zuivering krijgt men practisch uit 1 KG 270—290 L zuiver gas.

De lichtkracht van acetyleen is 12—15 maal grooter dan die van steenkolengas.

Generatoren.

Men heeft automatische generatoren (w.o. de Davisgeneratoren) en generatoren voor handbedrijf. De meest voorkomende 50 ponds Davisgenerator is geschikt voor een installatie men 50 vlammen.

De hoofdafmetingen zijn:

diameter 80 cM
hoogte 120 ,, (grootste hoogte 170 cM)
hoofdgasaansluiting 3/4″
totaal gewicht zonder water 195 KG.

Acetyleengas kan door samendrukking vanzelf explodeeren; bij een drukking van minder dan 2 atmosfeer is het, mits niet gemengd met lucht, gevaarloos.

Lichtbron.

De helle verbrandingsvlam van acetyleengas gaat bij niet voldoenden luchttoevoer over in een roetende vlam. De gasdruk wordt voor gewone branders meestal op 70--80 mM waterkolom aangenomen; voor gloeilichtbranders iets meer, nl. 100--120 mM.

L i c h t k r a c h t e n g a s v e r b r u i k v a n o p e n b r a n d e r s:

gasverbruik	10	15	20	25	30	35	40 Liter per uur.
lichtkracht	12	23	30	42	55	64	73 HK

of gemiddeld per HK een gasverbruik van 0,55—0,65 Liter per uur.

Men heeft tegenwoordig ook gloeilichtbranders (systeem *L. Schimek*) met een verbruik van 0,25—0,27 Liter per uur per HK of ongeveer 10 Liter voor 40 HK.

Gasprijs: Wanneer de prijs van 1 KG carbid op f 0,25 kan worden gesteld, wordt de prijs van 10 Liter acetyleen ongeveer $^{25}/_{28}$ cent of ongeveer 1 cent per uur voor 40 NK.

Toepassing: De acetyleengasverlichting is zeer doelmatig voor gemeenten tot ongeveer 6000 inwoners. In de gemeente Hoogeveen zijn 1500 vlammen en eenige kooktoestellen aan het buizennet aangesloten en het gas werd vóór den oorlog daar verkocht tegen den prijs van 90 cent per M³. De installatiekosten bedroegen te Hoogeveen rond f 25000,— De gasdruk moet zijn 120 mM waterdruk.

Nadeelen van deze gasverlichting zijn nog het ontploffingsgevaar, de hooge prijs van het calciumcarbid, de ondraaglijke reuk en de verstoppingen, waaraan de buisleidingen kunnen blootstaan, zoodat deze steeds grooter moeten worden genomen dan noodig is voor de doorstrooming van het gas.

Acetyleenbouwfakkels (Non plus ultra of Nordlicht) voor tijdelijke en bouwkundige werken:

Brandduur ± 6 uur, lichtkracht ± 2000 HK, prijs (1912) f 108,— verbruik p. uur ± f 0,36
± 1000 ,, ,, ,, - 78,— ,, ,, ,, ± -0,18
± 300 ,, ,, ,, - 45,— ,, ,, ,, ± -0,07
± 150 ,, ,, ,, - 30,— ,, ,, ,, ± -0,04

De prijzen der lampen met reflector waren f 7,20 à f 23,—, hooger naar gelang van de grootte.

Steenkolengasverlichting.

Steenkolengasverlichting komt in aanmerking in bebouwde gemeenten van meer dan 5000 inwoners.

Het minste, wat men voor de kleinste gemeenten kan rekenen is 20 M³ gas per inwoner per jaar. De grootte van de fabriek wordt bepaald op het dubbele van de capaciteit van het begin.

Een gasfabriek zal rendeeren, wanneer minstens 10% van het aanlegkapitaal kan worden opgebracht voor afschrijving, onderhoud enz.

Het gasbedrijf.

Grootte van de gasfabriek.

Voor het benoodigde oppervlak van een compleet toegeruste gasfabriek kan men rekenen voor kleinere gemeenten 3 M² per 1000 M³ jaarlijksche productie tot 6 M² per 1000 M³ voor grootere gemeenten. De aanlegkosten zijn per M³ jaarproductie te stellen op f 0,50 à f 0,60 voor een kleine gasfabriek, f 0,30 à f 0,50 voor een gasfabriek van gemiddelde grootte en f 0,15 à f 0,30 voor een groote gasfabriek.

Voor de plaats van de fabriek kieze men een zoo laag mogelijk gelegen terrein, daar in dit geval de gasdruk aan de fabriek zoo gering mogelijk kan zijn, waardoor gasverliezen tengevolge van ondichtheid verminderd worden.

Gasverbruik:

Het gemiddelde jaarlijksche gasverbruik in de laatste jaren van verschillende Duitsche steden kan men stellen *per inwoner* in M³ als volgt:

	Steden met aantal inwoners				
	3—10 000	10—50 000	50—100 000	100—500 000	boven de 500 000
particuliere verlichting	20—25	18—23	18—24	32—37	45—50
kook- en motorengas	15—20	20—25	25—30	28—32	26—30
straatverlichting. . .	4— 6	5— 7	6— 8	7— 8	8— 9
eigen verbruik aan de fabriek	1— 2	1— 2	0,5— 1	0,5— 1	0,5
verliezen	3— 4	3— 4	3— 4	3— 4	3
Samen .	43—57	47—61	52,5—67	70,5—82	82,5—92,5

Het gasverbruik was te 's-Gravenhage in 1910:
per licht per jaar . . . . . . 132,58 M^3
per verbruiker . . . . 838,08 ,, en per inwoner 164,25 M^3.
Het gasverlies was aldaar in hetzelfde jaar 2,313% van de geheele productie of 4,059 M^3 per Meter kanalisatie.
In het algemeen kan men dit verlies rekenen op 3 à 4% van de totale hoeveelheid.

Productie van steenkolengas en menggas.

De gasfabrieken produceeren uit 1000 KG steenkolen gemiddeld 270—280 M^3 steenkolengas, 100 KG kolen leveren daarbij gemiddeld 65—70 KG cokes.
Per 100 KG gedestilleerde kolen krijgt men 4,9—5 KG teer.
Vele gasfabrieken voegen aan het steenkolengas watergas toe, hetwelk met gasolie of benzol wordt gecarbureerd. Men krijgt dan het zoogenaamde menggas. Men gaat hiertoe over, wanneer de cokesprijs daalt of wanneer de cokes niet met voordeel van de hand kan worden gedaan of wanneer de gasfabriek aan haar maximum productie gekomen is. Men kan nl. door bijvoeging van watergas de gasproductie tot 30% vermeerderen.
Voor de productie van 100 M^3 gecarbureerd watergas worden gemiddeld gebruikt 59—60 KG cokes en 46—37 KG gasolie.

Samenstelling van steenkolengas.

Gemiddelde samenstelling van het steenkolengas (gezuiverd) in volumeprocenten naar gelang van de gebezigde kolen:

			normaal:
waterstof	H_2	38—50%	47%
methaan	CH_4	32—40 ,,	34 ,,
kooloxyde	CO	7—10 ,,	9 ,,
koolzuur	CO_2	2— 4 ,,	2 ,,
aethyleen	C_2H_4	4—11 ,,	4 ,,
benzol	C_6H_6		1 ,,
stikstof	N_2	2— 4 ,,	3 ,,
		Samen	100%

De normale verbrandingswaarde van lichtgas ligt tusschen 4600 en 5500 WE.

Analyses van het lichtgas van verschillende steden:

's-Gravenhage (1910) gasfabriek Trekvliet:

Soortelijk gewicht bij lucht = 1	Calorisch effect (bovenwaarde)	Ammonia in gram per M^3	Koolzuur in gram per M^3	Lichtkracht in NK volgens Letheby photometer 10 kaarsen pentaanlamp
Gemiddeld 0,404	5442	0,003	35,8	16,44

In *Rotterdam* (1917) had het menggas (65 steenkolengas tot 35 gecarbureerd watergas) een gemiddelde lichtsterkte van 17 à 18 Hefnerkaarsen en een gemiddeld calorisch vermogen van 5000 à 5300.

De analyse van het gemengde gas in volumeprocenten:

	was in *Utrecht* (1907)	in *Nijmegen* (steenkolengas) 1910:
koolzuur (CO_2) gemiddeld	3,2	0,9—1,1%
zware koolwaterstoffen C_nH_{2n}	5,—	0,6
zuurstof	2,—	0,3—0,8 ,,
kooloxyde CO	16,5	8,0—9,6 ,,
methaan CH_4	23,—	37,6 ,,
waterstof H_2	39,8	42,8 ,,
stikstof N_2	10,5	8,2 ,,

Benoodigde sterkte van gasverlichting.

Straatverlichting.

De afstand der lantaarns bedraagt 15—30 M, in zijstraten of buitenwegen kan men de grenzen verder nemen tot 100 Meter. De hoogte van het licht boven den weg is 3,20—4 M.

Verbruik aan gas:

dagvlam gloeilichtbranders, Lucaslichten,	6	Liter per uur.
,, Graetzinlichten	9	,, ,, ,,
nachtvlam per 100 NK	170—180	,, ,, ,,
per lantaarn per vlam (70—90 NK).	120—130	,, ,, ,,

Het aantal branduren van een kousje bedraagt bij straatverlichting ongeveer 300—500 uur. Per vlam worden in het jaar 2—4 glazen verbruikt.

Verlichting van vertrekken en zalen:

Het benoodigde aantal gasvlammen kan men aan de volgende tabel ontleenen:

Grondvlak van het vertrek in M²	Hoogte van het vertrek in M.	Hoogte der vlammen boven den vloer in M	Aantal gasvlammen
20	4	2—2,20	2— 3
30	4,5	2,20—2,50	5— 6
60	5,5	2,50—2,80	9— 12
100	7,—	2,80—3,40	16— 20
160	9,5	3,40—4,00	25— 30
250	12,5	4,00—4,60	40— 45
350	14,—	4,60—5,30	60— 70
500	15,5	5,30—6,00	100—120

Lampen.

Zware kronen e.d. van meer dan 40 KG gewicht moeten niet alleen aan de gaspijp, maar ook op andere wijze voldoende sterk worden opgehangen.

De lampen met vloeistof-afsluiting of waterschuif zijn gemakkelijk in de beweging, maar eischen toezicht; afdekking van de waterkolom met een dun laagje olie of het gebruik van glycerine is aan te bevelen. De pakkingschuif heeft de nadeelen, dat zij gewoonlijk lekt, wanneer de beweging gemakkelijk gaat en dat in dit geval de lamp veelal vanzelf neervalt. In het tegenovergestelde geval is de beweging moeilijk. Veelal voldoet de schuif, wanneer zij nieuw en de binnenbuis goed afgedraaid is. Bij de kogelbeweging moeten de bolvormen gasdicht in elkaar passen of zij geschiedt met asbestpakking. De constructie eischt, wil zij goed zijn, een hoogen prijs. Andere bewegingen, welke de schuifconstructie moeten vervangen, zooals balansen, zijn op den duur aan lekken onderhevig.

Zolders en plafonds moeten onbeschut minstens 80 cM van de vlam verwijderd zijn; wanden, enz. 30 cM.

Branders.

Onder de oude branders met lichtgevende vlam behooren de *sleuf-*, *vleermuis-*, *zwaluw-* of *vischstaartbranders.* De openingen der branders moeten fijner of nauwer zijn, hoe grooter het koolstofgehalte van het gas is, en wijder, naarmate bij gelijke lichtsterkte het soortelijk gewicht grooter is. Bij groote uitstroomingssnelheid van het gas ontstaat door de sterke luchtaanzuiging een luchtvermenging, welke een ruischende, weinig lichtgevende vlam veroorzaakt. De lichtsterkte is het gunstigst, wanneer de vlam op het punt van walmen staat.

Bij den *Argandbrander* stroomt het gas uit een kring van gaatjes of uit een ringvormige sleuf; de luchttoevoer wordt bevorderd door een glazen cilinder. De brander eischt een geringe drukking van 2 à 3 mM. Op hetzelfde beginsel berusten de Dumas-, Sugg- en Siemens Präcisionsbrander, welke voor een grooter gasverbruik zijn ingericht. De luchtaanvoer moet bij een brander niet te groot zijn, waarom te lange cilinderglazen moeten worden vermeden.

De *Bunsensche* brander is geconstrueerd om aan de vlam een zoo groot mogelijke warmte te geven en maakt ook deel uit van het gasgloeilicht.

De brander bestaat uit de does, waaruit het gas door fijne gaatjes stroomt, in een mengbuis, waar het de lucht door zijdelingsche openingen aanzuigt. De regeling van den brander geschiedt door de openingen van de does grooter of kleiner te maken,

hetgeen kan geschieden door het hooger of lager schroeven van een spitsen conus in de doesopening of door het verwijden en vernauwen van een kruisvormige spleet door middel van schroefbeweging.

De *gloeilicht-* of *Auerbrander* (fig. 1) welke voor het gloeilicht het meest wordt gebruikt, eischt een gelijkmatigen druk, welke voor de volkomenheid van het mengsel van lucht en gas minstens 30 mM groot moet zijn. De regeling kan alleen met de does *a* geschieden, door het vergrooten of vernauwen der gaatjes bij minderen of meerderen druk, waarvoor speciale doezen in den handel zijn. De cilinderglazen behoeven bij deze branders niet langer te zijn dan 15 cM. De lucht wordt door de zijdelingsche openingen van de branderbuis *b* aangezogen; de trek kan door vernauwing of verwijding dezer openingen worden geregeld. Te veel lucht geeft te kleine vlam voor de kous, hetgeen zich openbaart door ruischen van de vlam of door het inslaan daarvan. Te kleine luchtaanvoer geeft roetende vlam. In het algemeen behoort de aan den brander eigen vorm van de vlam met die van de gebruikte kous overeen te komen.

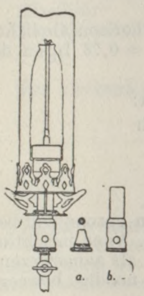


Fig. 1.

Daar de lichtsterkte van het gloeilichaam voornamelijk afhangt van de temperatuur van de vlam, heeft men op verschillende wijze getracht deze te verhoogen. Daartoe is vooreerst een innige vermenging van het gasmengsel noodig, beter nog van het gas met zuurstof (Neurenbergerlicht). Deze kan, zooals bij den Lucasbrander, worden verkregen door grootere zuigende werking, hetgeen bewerkt wordt door een hoogen schoorsteen als verlenging van het lampeglas of zooals bij den Kernbrander door den specialen vorm van de mengbuis, waarbij tevens voorwarming van het mengsel plaats heeft of door middel van verhoogden druk van het gas of van de toegevoerde lucht (persgas).

De *Goliath*brander wijkt van den gewonen brander af, doordat hij nog luchttoevoeren bezit door een binnenbuis naar het inwendige van het kousje èn langs de buitenzijde daarvan èn langs den gascilinder.

Het *invertlicht*, waarbij het gas en de vlam naar beneden gericht zijn en een hangens kousje gebruikt wordt, heeft een gunstige lichtverdeeling naar beneden, maar geeft door onvoldoende plafondverlichting een somber aanzien. De branders zijn steeds voorzien van lucht- en gasregelaars. De kousjes zijn in het algemeen sterker dan voor staand licht en zuiniger in gasverbruik.

Het *Graetzin*-invertlicht behoort tot de beste invertlichten en wordt voor straatverlichting veel toegepast. De branders verspreiden evenwel meer reuk dan staande branders.

Persgaslicht.

Zooals gezegd, kan de vlamtemperatuur worden verhoogd door het gas of de lucht of beide gemengd onder hoogen druk aan te voeren.

Het gloeilicht, dat op deze werking berust, noemt men persgaslicht. De hoogere druk kan in de lamp zelf of in de leiding door afzonderlijke compressoren worden verkregen. De afzonderlijke installatie is niet economisch, wanneer een klein aantal lampen moet worden gevoed.

De meerdere lichtsterkte geschiedt eveneens ten koste van den brandduur van de gloeikous, welke in dit geval op niet meer dan 150 uur is te rekenen. De gasdruk mag met het oog op het zwakke weefsel van de kous ook niet te hoog zijn en 1300 tot 1400 mM water blijkt de beste te zijn.

Het Milenniumlicht berust op verhoogden gasdruk, hetwelk door een dubbelwerkende zuig- en perspomp wordt verkregen.

Het Pharoslicht, dat ook met verhoogden druk zoowel van het gas als van de lucht werkt, heeft een vleugelcompressor.

Bij het Selaslicht heeft een voorafgaande menging van gas en lucht plaats, welke door zuigpers- of roteerende pompen wordt toegevoerd.

De nieuwe ,,Batavo" autopersgaslamp verhoogt zelf haar gasdruk door met een straal dampvormig kwik het gas uit de gewone laagdrukleidingen op te zuigen en daarna samen te persen op ruim 30 maal hoogeren druk in een condensator, waarin het kwik weder vloeibaar wordt en in het reservoir terugloopt. Het gasverbruik is gemiddeld 0,481 L per uur per NK.

Gasverbruik en lichtsterkte van verschillende lichtbronnen.

Open branders:

Zwaluwstaartbranders 7—10 Liter gas per HK per uur (gasdruk minstens 3 mM)
Argandbranders . . . 7—8,8 ,, ,, ,, ,, ,, ,, (,, ,, ,,2—3 ,,)

Gasgloeilicht:

Staand gloeilicht bij gasverbruik van 120 Liter per uur en 40 mM druk:

aantal branduren . . .	0	100	200	300	400	500	600
lichtkracht	103	108	105	98	95	93	91
gasverbruik per HK in Liter	1,16	1,12	1,14	1,23	1,26	1,29	1,32

Op den duur valt te rekenen op gemiddeld 80 NK met 1,5 L gas per NK per uur. Bij hangend gasgloeilicht (invertlicht) met 40 mM gasdruk is het gasverbruik gemiddeld 90 L voor normale lampen en 50 L voor kleine lampen en de lichtkracht ongeveer 80—100 HK voor de normale lampen.

Bij staand Auergloeilicht met 120 liter verbruik per uur is, als de horizontale lichtsterkte gelijk is aan I_h, de gemiddelde spherische lichtsterkte $I_\circ = 0{,}78\ I_h$ en de gemiddelde onderste hemispherische lichtsterkte $I_\cup = 0{,}69\ I_h$.

Bij hangend gloeilicht met 90 L verbruik zijn deze lichtsterkten:

$$I_\circ = 0{,}81\ I_h \qquad I_\cup = 1{,}07\ I_h$$

Persgaslicht: 0,5 tot 0,8 Liter gas per HK per uur.

Electrische verlichting.

(Zie ook bij Electrische Stroomstelsels, bldz. 908 e. v.).

Deze verlichting biedt alle voordeelen wat gemak, lichtkracht en gezondheid betreft. Men kan de lichtkracht tot elke gewenschte hoogte opvoeren. Voor inrichtingen, waar bedorven lucht moet worden vermeden, is electrisch licht als aangewezen; verder overal, waar zelf in de verlichting moet worden voorzien en de noodige beweegkracht voorhanden is.

In ons land bevinden zich reeds verschillende centrales, welke de opgewekte electriciteit in het groot afgeven. Deze wordt òf direct òf door middel van gemeentelijke distributie aan de afnemers afgeleverd. Kleine installaties of gemeenten, die geen lichtprijzen kunnen bedingen, zullen niet met voordeel kunnen leveren. In het algemeen met weinige uitzondering is de opgewekte stroom draaistroom en het leidingsnet met nulleider. De getransformeerde hoogspanningsstroom wordt in transformatorzuilen weder omgevormd in lagere spanning en wel veelal 125 Volt voor licht. Bij aansluitingen voor verlichting, waarbij niet meer verbruikt wordt dan 2 Kilowatt (ca. 1800 kaarsen aan metaaldraadlampen) wordt in het perceel één kabel binnengevoerd, welke uit twee draden bestaat. Wordt meer verbruikt dan 2 KW, dan bestaat de kabel uit vier draden, terwijl bij enkel krachtverbruik (in dit geval $125\sqrt{3} = 216$ Volt) alleen drie draden worden binnengevoerd.

Afgezien van de aanlegkosten van een huisverlichting, kan men in het algemeen aannemen, dat het electrisch licht bij een prijs van f 0,20 per KW uur even duur is als het gaslicht bij een gasprijs van f 0,06 per M³. Daarbij is de zuinigheid wegens het gemakkelijk ontsteken en uitdooven en de voordeelige wijze van lichtverdeeling van grooten invloed.

De aanlegkosten der leidingen, enz. (zonder de lampen) kunnen per licht op ongeveer f 15,— of voor een woonhuis op f 150 à f 200 worden gesteld, behoudens de aansluiting aan het gemeentelijk net.

Bepaling der benoodigde lichtsterkte.

Booglicht: In het algemeen kan men rekenen bij booglicht de volgende lichtsterkten noodig hebben:

BENAMING	Aantal kaarsen per M² grondoppervlak	Hoogte van de lichtbron in Meters	
open ruimten, pleinen . . .	0,5— 1	6—15	
stations en markthallen . .	1— 2	6—15	
fabrieksruimten	2— 4	6—15	
theater-, concert- en feestzalen	9—14	5—10	
restauraties, winkelruimten	4— 8	4— 8	

	Stroomsterkte in Ampère		Hoogte van de lichtbron	Afstand der bronnen
straatverlichting (volgens *Hirsch—Wilking*)	gelijk-stroom	wissel-stroom	Meter	Meter
	8	12	7	8
	10	16	10	10—12
	12	20	12	12—14
	16	25	15	15—20
	20	30	18	20—25

Gloeilicht:

Per kubiekmeter ruimte rekent men noodig te hebben
voor gewoon verlichte vertrekken 0,4—0,5 NK.
,, feestelijk ,, ,, 0,5—0,8 ,,

Per vierkanten meter grondoppervlak zijn noodig:
Voor woonkamers . . . . 3,4 NK.
,, kantoorkamers. . . . . . . 3—6 ,,
,, winkelruimten . . . . 4—7 NK.
,, hotelkamers . . . . 2—4 ,,
,, zalen . . . . 5—9 ,,
,, trapruimten, vestibules . . 1,5—2,5 NK.

Donkere wanden eischen grootere lichtsterkte.

Voor straatverlichting met ½ Wattlampen geeft *Dr. L. Bloch* (Electr. u. Maschinenbau No. 41—44, 1914) de volgende grootte en afstanden:

	Gemiddelde horizontale verlichting in Lux.	HK. per lamp	Hoogte boven de straat	Lampen-afstand
Hoofdverkeerswegen in groote steden	10—20	2000—3000	7—9	25—45
Hoofdstraten	5—10	600—2000	5—8	30—60
Zijstraten met veel verkeer . .	2,5—5	200—600	4,5—6	30—80
Zijstraten met weinig verkeer .	0,5—2	50—200	3,5—5,5	30—80

Booglampen.

De booglampen berusten op het effect van den lichtboog, welke ontstaat, wanneer twee door den electrischen stroom met elkaar in aanraking zijnde koolspitsen na verwarming tot gloeiens toe, van elkaar verwijderd worden. De lichtboog zelf bestaat alsdan uit een den stroom leidende brug van verdampende koolstofdeeltjes. De lampen bezitten behalve de beide koolstiften automatisch werkende inrichtingen, welke de stiften op den juisten afstand houden en tevens den stroom regelen. De lampen komen in aanmerking bij lichtsterkten van meer dan 300 NK.

Hoofdstroomlampen hebben een electromagneetspoel, welke met den lichtboog achter elkaar geschakeld is. Zij regelen op constante stroomsterkte en worden alleen afzonderlijk geschakeld in netten van 110 of 220 Volt.

Bij *nevenstroomlampen* (shuntlampen) verdeelt zich de van de positieve pool komende stroom over den lichtboog en de magneetspoel, welke uit vele dunne draadwindingen bestaat. Verandert de spanning van den lichtboog, dan verandert ook de spanning van den stroom door de spoel, welke daardoor de eerste weder regelt. De lampen regelen zich dus op constante spanning en kunnen parallel of in serie geschakeld worden.

De *differentiaallampen*, welke fijner regeling dan de beide andere bezitten, houden den lichtboogweerstand constant en zijn geschikt voor elke schakeling, in het bijzonder voor serieschakeling.

Gelijkstroombooglampen branden met een holte in de bovenste spits en werpen het licht meer naar beneden. Deze spits wordt spoediger verteerd en is dan ook zwaarder en langer. De stiften van wisselstroomlampen branden gelijkmatig af.

Wordt een booglamp in den stroom geschakeld, dan zijn de koolstiften eerst een oogenblik met elkaar in aanraking. De weerstand, welke in het eerst gering is, neemt

bij het ontstaan van den lichtboog langzamerhand aanzienlijk toe. Dit weerstandsverschil moet door een zoogenaamden voorschakelweerstand worden vereffend; alleen de differentiaallampen regelen zich zonder dezen weerstand.

Wordt de lichtboog in een kleine ruimte (glazen ballon) opgesloten, zoodat de lucht slechts in geringe mate kan intreden, dan branden de stiften minder snel af, evenwel ten koste van ongeveer 1,6 maal grooter stroomverbruik. Deze lampen zijn geschikt voor ruimten, waar waterdamp of andere gassen een gewone lamp zouden aantasten en waar brandbare stoffen worden verwerkt. Door haar rijkdom aan violette stralen is de lamp ook aangewezen voor het maken van lichtdrukken en in de photographie.

De *vlambooglampen* (intensief- en effectlampen) branden met een vlamvormigen boog, welke min of meer gekleurd is door bijvoeging van metaalzouten in de kolen, waaruit de stiften bestaan. Zij zijn tengevolge van de zich ontwikkelende dampen niet geschikt voor ruimten, waar de ventilatie niet voldoende is. De verhoogde lichtsterkte welke met de geïmpregneerde kolen verkregen wordt, is in het algemeen bij wisselstroom grooter.

De intensief-vlambooglampen, met haar schuin naast elkaar liggende naar onderen gerichte stiften, geven de intensiefste verlichting van den grond of vloer.

Wisselstroombooglampen zijn in den regel voorzien van kleine motoren (onder den invloed van twee electromagneten draaiende metaalschijven), welke zeer nauw de beweging der koolstiften regelen.

De spanning van een normale booglamp bedraagt met inbegrip van den voorschakelweerstand bij gelijkstroom 55 en bij wisselstroom 35 Volt. De lampen met ingesloten lichtboog moeten de volle netspanning van 110 Volt hebben en worden afzonderlijk ingeschakeld.

Het stroomverbruik hangt af van de lichtsterkte; bij de schakeling van 2 gewone gelijkstroomlampen of 3 gewone wisselstroomlampen achter elkaar is het verband ongeveer als volgt (waarbij de naar onderen uitgestraalde lichtsterkte gemeten is):

Stroomsterkte in Ampère	Lichtsterkte van één lamp in N.K.		Verbruik van de 2 of 3 lampen samen in KW
	gelijkstroom	wisselstroom	
2	80	—	0,22
3	140	—	0,33
4	210	90	0,44
6	370	170	0,66
8	550	280	0,88
10	770	430	1,10
12	1000	580	1,30
15	1400	820	1,70
20	2050	1200	2,20
25	2800	1600	2,80

waaruit blijkt, dat in het algemeen de gezamenlijke lichtsterkte bij gelijkstroom grooter is en het verbruik ongeveer 0,5 tot 1,3 Watt per NK bedraagt. Bij vlambooglampen kan het verbruik tot 0,2 Watt per NK dalen.

Het koolspitsenverbruik bedraagt naar gelang van de stroomsterkte per uur bij gewone booglampen ongeveer ²/₃ tot ³/₄ van de vlambooglampen en bij lampen met opgesloten lichtboog ongeveer ¹/₂₀ tot ¹/₁₀ van die van gewone booglampen

Typen en prijzen van booglampen.

Gelijkstroombooglampen (van de A. E. G.):

De *Shuntbooglampen* voor gelijkstroom worden hoofdzakelijk gebruikt voor afzonderlijke schakeling en voor serieschakeling van twee stuks.

De stroomsterkte kan binnen bepaalde grenzen veranderd worden.

De *Differentiaalbooglampen* voor gelijkstroom worden zoowel voor afzonderlijke als ook voor serieschakeling van drie of meer lampen gebruikt en zijn ongevoeliger voor spanningsschommelingen in het net dan de Shuntbooglampen. Zij zijn nauwkeuriger te regelen en overal bruikbaar evenals de Shuntbooglamp.

De lengte (totale) der booglampen bedraagt 780—1000 mM.)

Prijzen der A. E. G. Shunt- en Differentiaallampen (1912):

Brandtijd circa uren	lengte mM	Koolstiften doorsnede boven mM	Koolstiften doorsnede onder mM	stroomsterkte Ampère	Prijs van de lamp Gld.	Weerstand voor 2 lampen op 110 Volt Gld.	Weerstand voor 4 lampen op 220 Volt Gld.
Shuntlampen:							
10	200	14	9	6	28,50	4,—	7,30
16	290	{ 16 { 18	10 12	8 10	31,—	4,70	8,70
18	325	20	13	{ 12 { 15	35,10	5,30 6,70	10,30 12,40
Differentiaal-lampen 10	200	14	9	6	31,—	4,—	7,30
16	290	{ 16 { 18	10 12	8 10	34,—	4,70	8,70
18	325	20	{ 13 { 14	12 15	37,50	5,30 6,70	10,30 22,40

De *Triplex-booglampen* voor gelijkstroom zijn differentiaal-booglampen met bijzondere mechanismen, die het mogelijk maken de lampen zonder extra hulpmiddelen (hand- of automatische aanloopweerstanden) te gebruiken in drie- of zesschakeling. De spanning, die den lampen toegevoerd wordt, is slechts weinig minder dan bij de differentiaal- of shuntlampen.

De prijs der lampen met een brandtijd van 8 tot 18 uur en een stroomsterkte van 6 tot 15 Amp. bedroeg vóór den oorlog 33 tot 39 gulden.

De *Intensief-vlambooglampen* voor gelijkstroom met schuin naar beneden staande effectkoolstiften geven bij gelijke stroomsterkte een 2—2½-voudige lichtsterkte vergeleken bij booglampen met gewone koolspitsen.

De prijzen der lampen voor brandtijden van 6 tot 12 uur en een stroomsterkte van 6 tot 12 Amp. bedroegen vóór den oorlog 44 tot 55 gulden.

De *Spaarbooglampen* voor gelijkstroom zijn ingericht voor verminderde toetreding van lucht en geven daardoor spaarzamer verbruik van koolstiften.

Zij hebben kleine afmetingen en kunnen afzonderlijk op 110 Volt en in tweeschakeling op 220 Volt branden. Prijs bij 20—22 branduren en stroomsterkte van 4—5 Ampère vóór den oorlog f 24.

Wisselstroombooglampen (van de A. E. G.):

De *wisselstroom-Differentiaalbooglampen* hebben zeer eenvoudige mechanismen en branden zoo goed als geruischloos. Bij gebruik van minder dan 3 lampen bij 110 Volt of 6 lampen bij 220 Volt is het raadzaam transformatoren in plaats van weerstanden te gebruiken. Prijzen der lampen bij 8—15 branduren en 10—20 Amp. stroomsterkte vóór den oorlog van f 34,— tot f 40,—.

De *intensief-vlambooglampen* voor wisselstroom met schuin naar beneden staande effectkoolstiften geven bij gelijke stroomsterkte het 4- tot 5-voudige der lichtsterkte van de wisselstroom-differentiaalbooglampen. De gassen der geïmpregneerde koolstiften maken de lamp alleen bruikbaar buiten of in groote ruimten. Bij gebruik van minder dan twee lampen bij 110 Volt of 4 lampen bij 220 Volt zijn transformatoren te gebruiken in plaats van weerstanden. Prijzen vóór den oorlog 44—55 gulden.

De *Spaarbooglampen* voor wisselstroom komen overeen met die voor gelijkstroom; prijs vóór den oorlog f 33,—.

Booglamptransformatoren kostten voor de verschillende lampen vóór den oorlog ongeveer 30—50 gld. De *weerstanden voor de wisselstroombooglampen* kostten 6—12 gulden.

Booglampkolen heeft men in de Duitsche merken Plania, Silesia en Stella.

Plania gebruikt men voor normale spanning en absoluut rustig licht; Silesia voor

een groot aantal branduren en Stella als tusschen-qualiteit, welke weinig asch geeft en zuinig is bij een groot lichteffect.

Voor vlam- en intensief-vlambooglampen worden koolspitsen geleverd voor geel, rood en wit licht.

Prijzen der koolspitsen: per 100 Meter in gulden. (1912):

Doorsnede mM	Kernkolen (gelijk- en wisselstroom)			Vaste kolen		
	Plania	Stella	Silesia	Plania	Stella	Silesia
1				5,50	4,60	2,70
2				5,50	4,60	2,70
3				5,50	4,60	2,70
4				5,50	4,60	2,70
5	7,70	6,45	3,80	6,60	5,50	3,25
6	8,25	6,90	4,05	6,60	5,50	3,25
7	9,90	8,30	4,85	8,25	6,90	4,05
8	11,55	9,70	5,70	9,90	8,30	4,85
9	13,20	11,00	6,50	11,55	9,70	5,70
10	14,85	12,40	7,30	13,20	11,00	6,50
11	16,50	13,80	8,10	14,85	12,40	7,30
12	18,15	15,20	8,90	16,50	13,80	8,10
13	19.80	16,60	9,70	18,15	15,20	8,90
14	21,45	18,00	10,60	19,80	16,60	9,70
15	24,75	20,70	12,20	22,00	18,40	10,80
16	28,60	24,00	14,10	26,40	22,10	13,00
17	33,00	27,60	16,20	29,70	24,90	14,50
18	36,30	30,40	17,80	33,00	27,60	16,20
19	41,25	34,50	20,30	36,30	30,40	17,80
20	45,10	37,70	22,20	41,25	34,50	20,30

Gloeilampen.

Kooldraadlampen. De kooldraadlampen, welke het meest gebruikt worden, zijn die van 16 NK. Zij vorderen bij 110 Volt spanning ca. ½ Ampère, dat is ongeveer 3,4 Watt per kaars. Het verbruik stijgt in den loop van tijd met 40% van de oorspronkelijke waarde. De levensduur zal 500 tot 600 branduren moeten bedragen. Het hooge stroomverbruik is reden, dat zij langzamerhand verdrongen zijn door de nieuwere metaaldraadlampen, niettegenstaande zij goedkooper zijn. Alleen met het oog op de sterkte van de lamp en bij bijzondere regelweerstanden vindt de lamp nog toepassing. De prijs van een 32 NK lamp bedraagt ongeveer f 0.50.

Metaaldraadlampen. Deze lampen vinden tegenwoordig algemeene toepassing. De



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

firma N.V. Philips' Gloeilampenfabriek vervaardigt Wolfraamlampen, waarbij de lichtgevende draad uit wolfraam bestaat. Werd deze lamp oorspronkelijk als vacuumlamp uitgevoerd (de zg. 1 Watt lamp), tegenwoordig worden de zg. halfwattlampen vervaardigd, waarbij de draad op veel hooger temperatuur dan in de vacuumlamp gloeit in de

atmosfeer van een gas. Voor dit gas wordt bij de lampen met grootere lichtsterkte stikstof genomen en bij de kleinere, waarbij het metaalverlies door gloeiing relatief grooter is het ,,argon" dat veel minder warmte dan de stikstof wegvoert.
De vacuummetaaldraadlampen van 16 tot 32 NK hebben een gemiddelden levensduur van 1600 tot 2200 branduren, soms meer, met een gemiddeld verbruik van 1,2 tot 1,3 Watt per NK per uur. De gewone peervormlampen worden door Philips geleverd in zes lichtsterkten (5, 10, 16, 25, 32 en 50 NK) voor spanningen van 25—130, 140—160 en 200—230 Volt (fig. 2).

De vullingslampen voor huisverlichting met lichtsterkten van 25, 32, 50 en 100 NK (de zg. ,,Arga"lampen, fig. 4) worden door dezelfde firma geleverd voor spanningen van 75—130, 150—160 en 200—230 Volt.

De halfwattlampen (fig. 3) worden door de firma vervaardigd voor lichtsterkten van 200 tot 3000 NK voor spanningen van 100—230 Volt; zij dienen ter vervanging van booglampen. Het Wattverbruik bedraagt bij de kleinere lichtsterkten 0,8 à 0,9 Watt en bij de grootere 0,5 à 0,6 Watt per NK.

De prijs der lampen van 16 tot 50 NK voor 125 Volt bedraagt f 0,75 per stuk voor peervorm en f 0,95 voor kogelvorm.

De grootere	halfwatt	met	kogelvorm	van	100	NK	f 1,80
,,	,,	,,	,,	,,	200	,,	- 3,—
,,	,,	,,	,,	,,	300	,,	- 5,30
,,	,,	,,	,,	,,	400	,,	- 6,10
,,	,,	,,	,,	,,	600	,,	- 7,60
,,	,,	,,	,,	,,	1000	,,	- 9,10
,,	,,	,,	,,	,,	1500	,,	- 11,40
,,	,,	,,	,,	,,	2000	,,	- 13,70
,,	,,	,,	,,	,,	3000	,,	- 18,30

Osram-metaaldraadlampen waren in den handel van 1,2 tot 260 Volt in lichtsterkten van 1 tot 1000 NK. De 10-kaarslampen verbruiken bij 100—139 Volt ongeveer 12—13 Watt; de 16 kaarslampen bij 160—260 Volt ongeveer 20 Watt. De prijs voor 16 tot 50 NK lampen voor 70—130 Volt bedroeg per stuk f 0,85, die van 100 NK f 2,— (peervorm). De kogelvormige f 0,15 duurder. Zij hebben een gemiddelden levensduur van 1000 uren.

Zirkon- of Z-metaaldraadlampen zijn in den handel met een verbruik van 0,7 Watt per NK. Zij zijn alleen verkrijgbaar in lichtsterkten boven de 40 NK. De levensduur bedraagt 700—1000 branduren.

Tantal-lampen van 12—50 NK hebben een gemiddelden levensduur van 800 tot 1000 branduren bij een verbruik van 1,5 tot 1,7 Watt per NK uur. De prijs is ongeveer f 0,80 per stuk peervorm, kogelvorm 0,15 meer.

Osmium-lampen van 32—100 NK verbruiken ongeveer 1,5 Watt per NK uur. De levensduur bedraagt ongeveer 1000 uren.

Nernst-lampen hebben draden, welke eerst moeten worden voorgewarmd door een weerstand, alvorens licht te geven. Zij worden voor alle stroomsoorten, doch voor geen lagere dan 220 Volt geleverd; bij wisselstroom is het aantal perioden te vermelden. Zij verbruiken 1,5 à 1,75 Watt per NK-uur en hebben een levensduur van af 300 branduren.

De lichtsterkte neemt af tot 20%. Zij geven een mooi wit licht.

Kwikdamplampen. De kwikdamplampen behooren feitelijk tot de booglichtvormende lampen, waarbij het verlichtend element door de kwikdamp gevormd wordt.
De positieve electrode bestaat uit ijzer, de negatieve wordt door het kwik gevormd. De lichtboog geeft een geelgroen licht, dat geen roode stralen bevat. Het oog wordt veel minder vermoeid. De voordeelen van het licht zijn, dat de verwarming gering is en geen schadelijke dampen worden ontwikkeld, en goedkoop in gebruik, daar het stroomverbruik gering is, nl. ongeveer ½ tot ⅓ Watt per NK.

De *Cooper-Hewitt* kwikdamplampen worden gemaakt van 16 tot 10 000 NK en hebben een egalen lichtbundel. Zij kunnen alleen bij gelijkstroom branden onder een spanning van minstens 50 Volt (de kleinste), ofschoon zij een hoogere spanning noodig hebben om te worden ontstoken, hetgeen geschiedt door een z.g. extrastroom door een zelfinductiespoel in de lamp opgewekt. De prijs der lampen was f 70—90. Een gelijksoortige lamp is de kwikdamplamp van *Aron*, welke voor 40 Volt span-

ning is vervaardigd. De lichtsterkte der lampen neemt niet met den brandduur af, welke op 2000 uren kan worden gesteld. De prijs was ongeveer f 45.

Een bijzondere soort van kwikdamplamp is de *kwartslamp,* waarbij de kwikboog omgeven is door een buis van bergkristal, in plaats van glas, waardoor de temperatuur van den gloeienden damp kan worden verhoogd en het licht tevens meer in een witte kleur verandert. De lamp brandt afzonderlijk in een stroom van 220 Volt en geeft bij een stroomverbruik van 3,5 Amp. ongeveer 3000 NK d. i. ongeveer 0,25 Watt per NK.

Keuze van lampsoort.

Neemt men het wattverbruik voor 1 lumen in aanmerking, dan is dit over het algemeen even hoog voor booglampen als voor halfwattlampen. Evenwel dreigt de booglamp door de gloeilamp te worden verdrongen en dit is het gevolg van den prijs der booglampkolen en haar korten levensduur, de hoogere onderhoudskosten, de gunstige lichtverdeeling van de halfwattlamp, kleur van het licht en de mogelijkheid om gloeilampen van elke spanning aan te wenden, hetgeen bij booglampen alleen door middel van voorschakelweerstanden mogelijk is.

Gasvullingslampen hebben een nuttig effect, dat sterk afhankelijk is van de kaarssterkte; bij lage kaarssterkten is het wattverbruik per kaars grooter dan bij hooge. Men doet dus goed bij installaties met halfwattlampen zooveel mogelijk een klein aantal lampen van groote kaarssterkte en niet een groot aantal van kleine sterkte te nemen.

Alfabetisch Register.

Raadpleeg steeds het Alfabetisch Register, maar stel U ook op de hoogte van den opzet van het boek, door bestudeering van de voorin geplaatste Inhoudsopgave.

Bij de samenstelling van het register is naar de grootst mogelijke volledigheid gestreefd. Indien noodzakelijk, zijn dezelfde onderwerpen bij verschillende letters ondergebracht. Bij voorbeeld: ,,Afmetingen van stoomketels" is gealfabetiseerd onder ,,Afmetingen" en onder ,,Stoomketels, afmetingen van". Om het register zoo overzichtelijk mogelijk te maken, zijn de verwijzingen naar de prijzen van grondstoffen, materialen, enz. achter aan het register toegevoegd, evenals de verwijzingen naar tabellen.

PRIJZEN.

TABELLEN.

BRIEFKAART

Den Heer Æ. E. KLUWER

UITGEVER

DEVENTER

BRIEFKAART

Den Heer Æ. E. KLUWER

UITGEVER

DEVENTER

BRIEFKAART

Den Heer Æ. E. KLUWER

UITGEVER

DEVENTER

Opgave van gewenschte veranderingen of toevoegingen in
DE TECHNISCHE VRAAGBAAK:

Opgave van gewenschte veranderingen of toevoegingen in
DE TECHNISCHE VRAAGBAAK:

Opgave van gewenschte veranderingen of toevoegingen in
DE TECHNISCHE VRAAGBAAK:

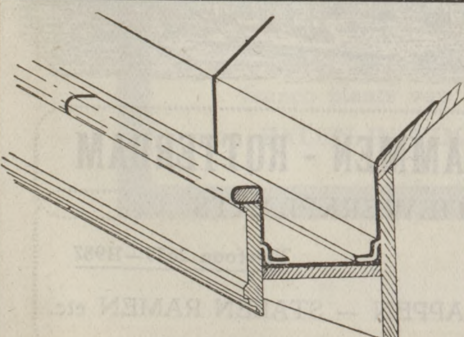
Alfabetisch Register der Advertentiën.

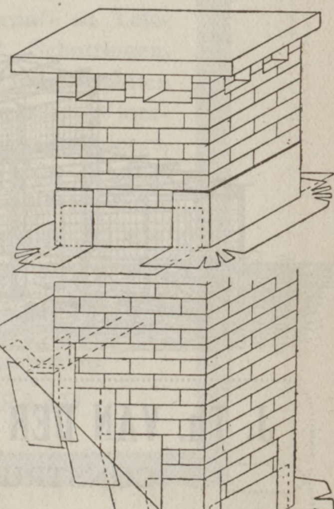
De cijfers achter iederen regel duiden de advertentiepagina's aan.

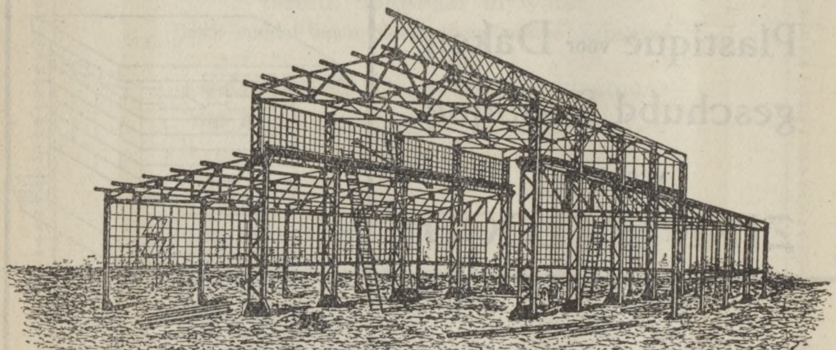


Fabriek van Kurkplaten en -Schalen
Geperste Kurk voor alle doeleinden
Kurkparketvloeren - Badmatten
Asbest-artikelen - Verpakkingen
Isoleermaterialen
Complete uitvoering van Isolatie's tegen
warmte- en koudeverlies









N.V. Nederlandsche Constructiewerkplaatsen

v.h. FRANS SLEEGERS

EINDHOVEN - Teleph. Interc. 379

Specialiteit in het vervaardigen van

KAPCONSTRUCTIES

KOLOMMEN EN BRUGGEN

IJZERCONSTRUCTIES

als : Fabrieksgebouwen - Loodsen
Kraanbanen - Masten - Torens
Koepels enz., levert concurreerend
tegen ALLE ijzer- en betonbouw het

Nederlandsch Constructie-Bureau

.YZERBOUW.

Offerte en bezoek
kosteloos op aanvraag

Den Haag

WIJ FABRICEEREN:

SPIRITUSLAKKEN voor alle doeleinden ꝏ POLITOEREN ꝏ KOPERVERNISSEN ꝏ ZAPON en CELLONLAKKEN ꝏ WASBEITSEN ꝏ WATERBEITSEN SNELDROGENDE VERVEN voor alle doeleinden ꝏ MODELLAKKEN ꝏ ZUIVERE SCHELLAKOPLOSSING voor Electrotechnische doeleinden enz. ꝏ

LEVEREN:

ꝏ CEMENTVERVEN ꝏ

ꝏ BOHEEMSCH POTLOOD ꝏ

en verder alle droge en aangemaakte

VERVEN.

ED. SCHAEPMAN & Co., ZWOLLE

Fabriek van Vernissen en Verfwaren

TELEFOON 418 · OPGERICHT 1830

Telegram-adres: SCHAEPMAN VERFWAREN ZWOLLE

AMERICAN REFINED MOTOR CO.

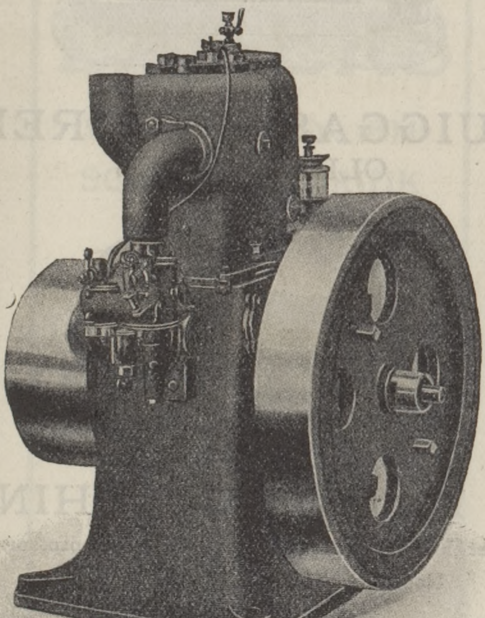
BORNE

Nederland

TELEFOON No. 533 ⚬ TEL. ADRES: REFINED

STATIONNAIRE MOTOREN — MOTORPOMPEN

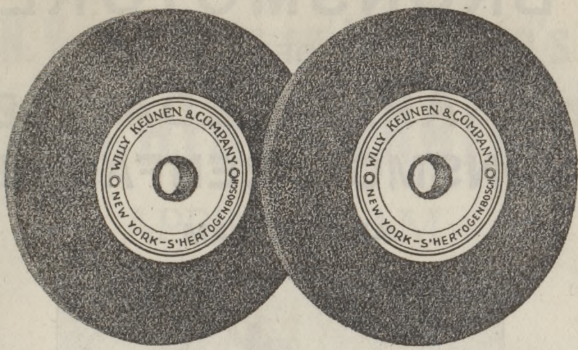
BOOTMOTOREN



TRACTORMOTOREN

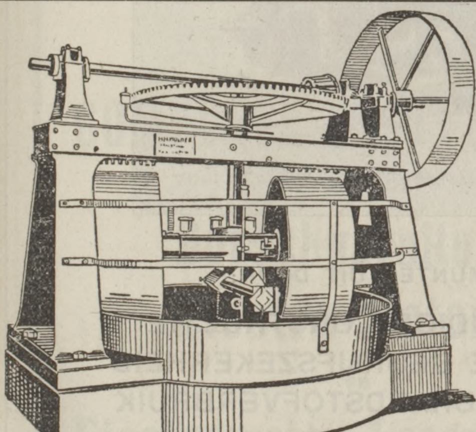
MOTORDYNAMO'S — MOTORWINCHES

VRAAGT OFFERTE ONZER



Prima Amerikaansche Slijpschijven

WILLY KEUNEN & Co. - 's-BOSCH



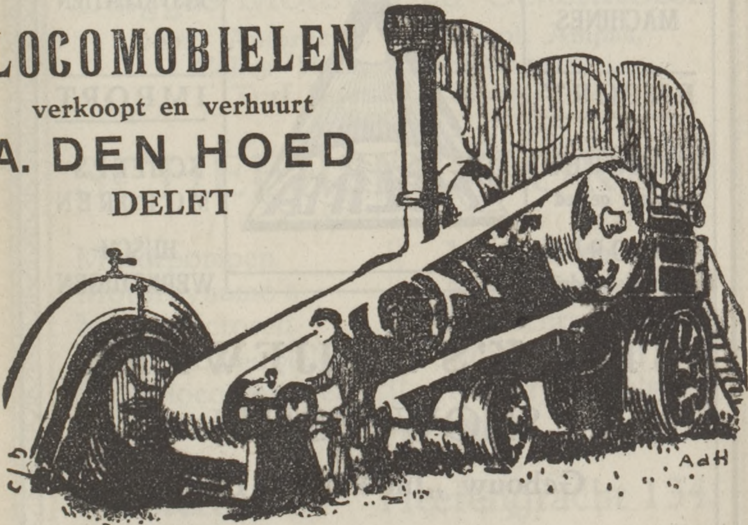
Steen
Pannen } Persen
Buizen

Mengmolens

Transporteurs

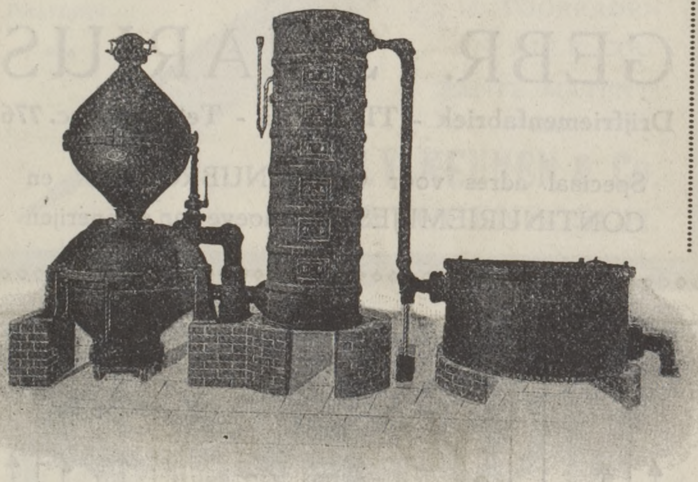
H.H. MULDER, Machinefabriek, TEGELEN

Telefoon 733 Venlo — Telegram-Adres: Mulder Tegelen


AdH

Firma G. Thomassen & Co.

Machine- en Motorenfabriek



Generator Systeem „Pierson"

Zuiggas-	Motoren	Zuivelwerktuigen
	Generatoren	Apparaten voor de
Exhausters		Plateel-Industrie

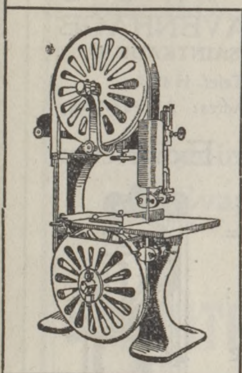
ARNHEM — 49 ROZENSTRAAT 49



FABRIEK
J·D
Kg per qcm.
FABRIEK
MET APARTE
AFDEELING
VOOR
REPARATIE
MAASKADE %z 10
ROTTERDAM
TELEFOON 13412

TWENTSCHE

Algemeene Handelmaatschappij



Fa. SCHOLTEN & VISSER

ALMELO

TELEFOON 245

Steeds uit groote voorraad
leverbaar

HOUTBEWERKING-MACHINES

LINTZAGEN — FRAISBANKEN
VLAKBANKEN
CIRKELZAAGBANKEN
VANDIKTEBANKEN
AFKORTZAGEN — LANGGAT-
BOORMACHINES — GECOM-
BINEERDE MACHINES EN
AMARIL-SLIJPSTEENEN, ENZ.

Wij maken U attent op onze groote voorraad:
HOUTEN RIEMSCHIJVEN,
AMARILSTEENEN,
OLIESTEENEN,
alles in diverse maten.

Verder:
DRIJFWERKEN, — DRIJFRIEMEN,
GEREEDSCHAPPEN, — LAGERS,
ONDERDEELEN, — ENZ.

Prima Machine-oliën — Consistentvet — Drijfriemensmeer.

Bezoekt onze Magazijnen.

N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon's Industrie- en Handelsvereeniging

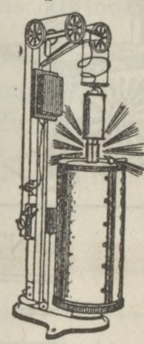
AMSTERDAM
SINGEL 22-24
Telef. N 2710 en N 9018
Telegram-Adres: Azet-Amsterdam

'S-GRAVENHAGE
TOUSSAINTKADE 49
Telef. H 4985
Telegram-Adres: Ahrend-Haag

Fabrikanten - Importeurs - Exporteurs



Uitgebreide
Magazijnen van:
Geodetische,
Mathematische
en
Optische
Instrumenten



MEET- EN PEILGEREEDSCHAPPEN

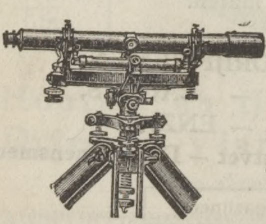
LEVEREN ALLES VOOR DE TEEKENKAMER
EN DE LICHTDRUKINRICHTING

REPRODUCEEREN TECHNISCHE TEEKENINGEN
IN ALLE PROCÉDÉ'S

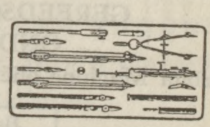
FABRIEK VAN TECHNISCHE PAPIEREN

TECHNISCHE BOEKHANDEL — UITGEVERS

Speciaal ingericht voor Export naar Overzee



Geïllustreerde Prijscouranten,
Catalogi en Monsterboeken
gratis en
franco op
aanvraag.




Weg
met die dure dingen, neemt een vracht-auto —
Het steeds toenemende gebruik van vrachtauto's heeft in de practijk bewezen, welke groote voordeelen motor-tractie in de diverse bedrijven biedt.
Wij stellen onze ondervinding gaarne gratis te Uwer beschikking en maken desgewenscht bedrijfskostenberekening voor uw bedrijf.
COMMER-CARS, DAY ELDER,
en andere benzine vrachtauto's uit voorraad leverbaar.
Indien Uw bedrijf zich voor electrische vrachtauto's leent, kunnen wij deze eveneens uit voorraad leveren.
Vraagt ons Offerte!
Coppens
Amovam
ALG. MOTOR-OMNIBUS & VRACHT-AUTO MY.
HOOFDKANTOOR:
DEN HAAG
BIJKANTOREN:
ROTTERDAM
APELDOORN
VALKENBURG (L)
ZUTPHEN

NEDERL. FABRIEK VAN ZEKERINGSMATERIAAL ZWOLLE

Vervaardigt als specialiteit alle voorkomende smeltzekeringen op electrotechnisch gebied o.a.:

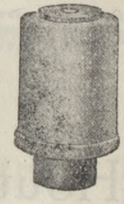
SCHROEFSTOPPEN
DIAZEDPATRONEN
SMELTDRADEN
LOODZEKERINGEN

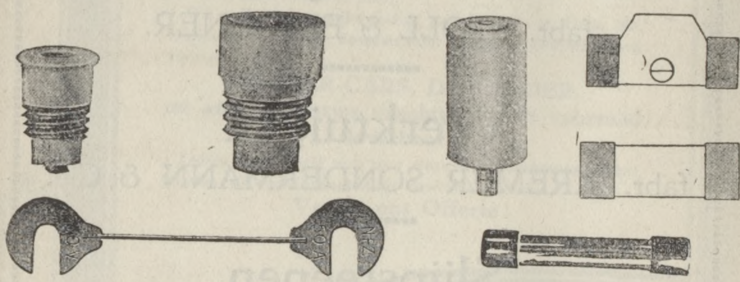


STRIPZEKERINGEN
KABELPUTZEKERINGEN
ZINKBLADZEKERINGEN
LAMELLEN
MARINEZEKERINGEN
PASSCHROEVEN

Binnenkort leverbaar:
ZEKERINGSELEMENTEN
voor Schakelbord- en Wandmontage

FIJNZEKERINGEN
Sterkstroombeschermers
GLASPATRONEN
AUTO-ZEKERINGEN





MEN LETTE OP ONS HANDELSMERK: N. F. Z.

INGENIEURSBUREAU VAN NISPEN ZWOLLE - Tel. 204

Levert: MEETINSTRUMENTEN

voor de geheele electrotechniek

CENTRIFUGAAL-POMPEN
" -VENTILATOREN
" -EXHAUSTOREN
STOFAFZUIG-INRICHTINGEN

Fabrikaat:
G. SCHIELE & Co., G.m.b.h.
FRANKFURT a/Main

ZWAKSTROOM-ARTIKELEN

Pyrometers en Afstandsthermometers, Fabrikaat: W. C. Heraeus G.m.b.h.
Ketelbekleeding, Isoleering van Stoomleidingen enz. der Fa. H. Braun, Dusseldorf

